環境與栽培管理對玉蜀黍生理及產量之影響

Effects of Environment and Cultivation Managements on the Physiology and Yields of Maize

(Zen mays L.)

TARI LIB.
C004359

范 明 仁

臺灣省農業試驗所

中華民國八十年三月

環境與栽培管理對玉蜀黍生理及產量之影響

Effects of Environment and Cultivation Managements on the Physiology and Yields of Maize

(Zen mays L.)

范　明　仁

臺　灣　省　農　業　試　驗　所

中華民國八十年三月

004358

環境與栽培管理對玉蜀黍生理及產量之影響

Effects of Environment and Cultivation Managements on the Physiology and Yields of Maize

(Zen mays L.)

目　　錄

中文摘要 -- i

英文摘要 -- iv

第一章　緒言 -- 1

第二章　期作對玉蜀黍光合成物質生產與分配之影響 ------------ 3

第三章　氮肥施用量及施用時期對玉蜀黍乾物質生產與分配之影響 -- 25

第四章　玉米子粒於充實期間內生荷爾蒙含量之變化 ------------ 52

第五章　北部地區主要自然災害對玉米生育之影響及改善措施試驗 -- 75

第六章　綜合討論 -- 93

參考文獻 -- 96

附錄 -- 105

中 文 摘 要

本論文為探討環境與栽培管理對玉米光合成物質生產與分配之影響，及其中內生植荷爾蒙所參與之調節作用。藉不同之生育環境因子，如北部地區春、秋期作間氣候環境之差異，不同氮肥管理所造成栽培環境之差異，以及玉米本身遺傳特性所造成乾物質生產與分配之差異等，做為研究項目。在不同的環境下調查玉米各生育期間，乾物質的生產及分配情形，尤其是乾物質累積速率及乾物質於供源－積儲器官間之分配情形，並分析供源及積儲器官內氮與非構造性碳水化合物含量等生理性狀。同時利用所建立之植物荷爾蒙檢測系統，調查於子粒充實期間子粒內生荷爾蒙含量之變化。以荷爾蒙之觀點來探究玉米生理因素與供源及積儲對乾物質生產與分配之控制關係。

茲將所得結果摘錄於下：

1. 秋作玉米初期之生育良好，積儲容積發育充足，唯於子粒充實期因溫度降低及東北季風強烈，使此時期光合成物質之生產不足子粒充實用，推其產量限制因子為供源不足。春作玉米於生長初期氣溫較低且日照不足，致使植株營養生長較差，並影響到積儲器官之發育，但至子粒充實期，氣候宜於玉米之生長，植株生長快速，供源充足，推其產量限制因子為積儲能力不足。
2. 玉米氮肥施用量試驗以 210 kg／ha-N（合為硫酸銨1000 kg／ha）處理，較 105 kg／ha-N及52.5 kg／ha-N 處理分別增產2-20%及8-32%，各處理間產量之差異於秋作較小，但於春作則較為明顯。
3. 秋作氮肥施用法以基肥½、穗肥½ 最佳，其次為基肥¼、追肥¼、穗肥½ 之處理，分別比對照處理（基肥½、追肥¼、穗肥¼）增產 17.5%及12.1%，顯示將一半氮肥於雄穗抽出時施用可得較高之產量。
4. 春作氮肥施用處理間產量差異不顯著，但以基肥½、追肥¼、穗肥¼ 處理產量較高（3,038 kg／ha），其次為基肥¼、追肥½、穗肥¼ 處理，而以基肥 ¼、追肥¼、穗肥½處理產量最低（2,800kg／ha）、故春作宜將氮肥早施，而穗肥之氮肥用量多寡對產量影響較小。
5. 利用酵素免疫法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)與高效能液相色層分析法(high performance liquid chromatography, HPLC)測定玉米子粒於充實期間內生荷爾蒙含量之變化，並於果穗不同部位子粒間進行比較，以探討內生荷爾蒙與子粒充實間的關係。以整個果穗子粒進行試驗的結果發現，子粒在充實期間以zeatin的發生最早，含量於乳熟期即達高峰，隨後逐漸減少；indoacetic, acid (IAA)與gibberellin(GA_3)的變化情形相似，均於子粒充實中期（硬漿期至馬齒狀早期）含量最多，ABA 在子粒充實過程中則有兩次高峰

出現，一在子粒充實初期，另一在成熟期。

6. 玉米果穗上、下部位子粒生長特性方面，不論品種及期作，上位子粒鮮重與乾重之增加速率均明顯低於下位子粒，內生荷爾蒙含量的差異亦極為顯著，上、中、下位子粒內生自由態與總 IAA最高含量的發生時間有一定時序關係，自下而上逐漸延後，以下位子粒為例，高峰期即較上位子粒早約5-10日在子粒充實初期之含量並較上位子粒高5.4-8.5 ug/gfw，但在充實後期反低 2-10 ug/gfw。上、下位子粒間 ABA含量差異不大，唯在成熟期間，下位子粒含量高峰期較上位子粒早一個發育期發生。

7. 子粒於充實期間之蔗糖合成酵素(sucrose synthase)含量亦出現兩個高峰，一次在硬漿期，另一次在成熟期；蔗糖合成酵素與 IAA含量變化有並行之現象，但前者之消長與後者比較，約遲 5日左右。

8. 於植物生長箱中以25℃，15℃及10℃下調查玉米幼苗生育情形，發現於15℃及10℃下玉米幼苗皆有冷害現象，於10℃下播種46天後之幼苗與25℃下播種22天之幼苗相較，株高、鮮重及乾重分別為25℃下幼苗之60、50及 60%，故於10℃下玉米幼苗因冷害而生育受阻，株高、鮮重及乾重之增加緩慢。另植物生長調節劑Triacontanol (TRIA) 1×10^{-6}g／l於高溫（日溫30℃，夜溫25℃） 下，可促進玉米幼苗之生育，施用後幼苗鮮、乾重及葉綠素含量明顯增加，但於低溫下（日溫20℃，夜溫15℃）則無作用。生長阻礙劑abscisic acid (ABA) 1×10^{-4}M施於玉米幼苗後，會使幼苗生育減緩，尤其於低溫時效果更為明顯。

9. 北部地區10月中旬以後常有強勁之東北季風來襲，對玉米有減產作用，空曠區玉米產量與防風林後相較，減產 16.8%，如以二層或三層紗網遮蔽，紗網後平均風速分別為空曠區風速之 21.8及18.5%，於紗網後玉米植株葉破損率較低，故產量分別增加 15及20%。生長阻礙劑益收生長素可使玉米株高明顯降低，而達減少風害之效果，於齊膝期施用一次效果最佳，可使株高降低 28%，產量增加 3.4%。若於齊膝期及雄穗抽出前各施用一次，則會因抑制株高達35%，而使產量減少 17%，於春作因無風害之現象，施用益收生長素因會阻礙玉米之生育而使產量減少。

就目前之栽培制度秋作之氣候較春作有利於玉米之生長，秋作於營養生長期植株生育良好，唯於子粒充實期因溫度降低及季節風強烈，使此期光合同化物質之生產不足子粒充實之用，推論其產量之限制因子應為供源不足，春作於營養生長期因低溫及日照不足致使營養生長不良，間接影響到積儲器官之發育，然而子粒充實期植株生長旺盛，故推論產量之限制因子為積儲之不足，故秋作應注意子粒充實期有效葉面積之維持以增加供源，春作則宜注意營養生長期之管理以及氮肥之充足供給。

而且，北部地區玉米春秋二作之施肥管理宜有所不同，秋作穗肥宜多，但

春作則需注意生育初期氮肥之施用，此結果亦與植株乾物質累積情形相吻合，春作產量之限制因子為積儲器官之發育，故宜增加追肥之氮肥用量以促進幼穗之發育，而秋作產量限制因子為子粒充實期間葉片所提供之供源不足積儲所需，故較多之氮肥於穗肥施用，可促進葉部之光合作用，以提供較多之供源。

北部地區秋作因季節風強烈，玉米植株高大，風害尤為明顯，導致生育後期供源明顯減少。施用生長阻礙劑益收生長素可降低株高減少風害，且不影響，積儲但對供源能力則有影響。但於風害嚴重地區，施用生長阻礙劑益收生長素可以增產。

由期作、氮肥管理及穗部不同部位子粒內生荷爾蒙含量之測定等研究項目，發現子粒充實過程中 IAA與光合成物質之生產、轉運及子粒對乾物質累積之過程有關，而與產量有密切之關係。

Summary

The purpose of this research was to investigate the partition and production of photosynthetic matter in corn which may be mediated by plant growth substances.

Experiments were conducted on basis of different kinds of weather condition, nitrogen fertilizer and kernel filling characters of corn to evaluate the partition and production of photosynthetic matter in corn. Dry matter accumulation rate, source, sink partition ratio, protein content, total nonstructured carbohydrate content were evaluated on all bases. More important, efforts were made to determine the endogenesis hormones content in the developing kernels of corn utilizing a modified and developed procedures of RP-HPLC or the senesitive enzyme immunoassay.

All the experimental results were explaned the mechanism of source, sink partition of corn from the view points of inner regulation mechanism.

The results were summarized as follows.

1. In autumn crop, the vegetative growth of corn was better than its reproductive growth. This was because the weather condition was much more suitable for corn growth from August through September. However, corn growth would be reduced in late growth stage by low temperature and winter monsoon. It was found that the limiting factor of grain yield was the source supplied in the kernel filling stage.

   But, in spring crop, the weather condition of vegetative growth of corn was worse besause temperature is not high and sunshine duration not long enough for sufficient development of sink organ. In the kernel filling stage of spring crop, the weather condition was so fine that the source supplied was adequate for sink utilization. It was noted that the yield depends upon the sink capacity.

2. In the trial of nitrogen fertilizer levels, the treatment of 210 kg/ha-N was better than that of 105 kg/ha-N and 52.5 kg/ha-N. Grain yield was increased spring crops, respectively. Among nitrogen level treatments, the grain yield was less different in autumn crop while more distingished in spring crop.
3. In the trial of timing of nitrogen application, the results indicated that using 50% of nitrogen as top dressing was the best method among treatments in autumn crop. The method of using 25% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 50% of nitrogen as top dressing also better than the method as 50% of nitrogen as top dressing also better than the method as 50% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 25% as top dressing which we practiced now. Grain yield was increased 17.5-12.1% by these two methods when compared with the method we practice now. The result also indicated that 50% of nitrogen fertilizer used as topdressing would increase the yield of corn in autumn crop.
4. There were no significient difference of grain yield among treatments of nitrogen application timing in spring crop. The yield of the treatment which we practice now had the highest grain yield (3038 kg/ha). The results aslo indicated that the levels of nitrogen fertilizer used as top dressing was less important than side dressing in spring crop.
5. The contents of plant hormones and sucrose synthase in the developing kernels of corn was determined by reverse-phase high performance liquid chromatography and enzyme-linked immunosorbent assay. The purpose was to investigate the relationship between hormone levels and kernel-filling for kernels located at the upper and lower parts of ear. Results indicated that when corn

ear was considered as a whole, zeatin concentration in kernels was highest at early kernel developmental stage and declined significantly after soft dough stage. Levels of IAA and GA, were highest between soft dough and early dent stages, whereas ABA concentrtion showed two peaks at early kernel-filling and maturaity stages.

6. Comparison between kernels at different positions of the ear indicated that fresh weight and dry weight of kernels at the upper part of ear were lower than kernels at the lower part. Contents of hormones in kernels at various parts of ear were also different. IAA content of lower kernels was 5.4-8.5 ug/gf.w. higher than that of upper kernels at early filling stages, however, it was 2-10 ug/gf.w lower at late kernel-filling stages. The peak of IAA content of lower kernels appeared 5 to 10 days earlier than the of upper kernels. Similarly, two peaks of endogenous ABA content occurred one each at early and late filling stages as found in kernels from the entire ear. However, maximum ABA content in the lower kernels appeared one growth-stage earlier than that in the upper kernels.

7. There were also two peaks of sucrose synthase concentration in kernels with one at the hard dough stage and the other at kernel maturity. The change in total IAA content was insynchronization with that of sucrose synthase. The two peaks of total IAA occurred 5 days in advance to the two peaks of sucrose synthase.

8. Corn seedlings were planted in different temperature such as 25 °C, 15 °C and 10 °C to investigate the effect of chilling stess on the growth of maize. The seedlings grow at 15 °C and 10 °C showed the chilling stress response. The plant height, fresh weight and dry weight of the 46 day-old seedlings at 10 °C were 60%, 50% and 60%, respectively, compared wiht the 22 days old

seedlings at 25 °C. It showed that the growth of corn seedling at 10 °C was retardeed owning to cold stress. Growth regulator triacontanol (TRIA) $1x10^{-6}$g/l or abscisic acid (ABA) $1x10^{-4}$M was applied on 7 day-old seedlings. Based on the result of 5 to 7 days after treatment, TRIA showed in promotion of dry and fresh weight of seedlings in compared to untreated ones. Temperature will influence the result of the application of TRIA. TRIA treatment was more effective at higher temperature.

9. There have strong monsoon in northern area of Taiwan from October till March, which will reduce the productivity of corn. The yield of maize which was planted in area whthout protection was reduced 16.8% compared with those was planted behind trees as fence to protect from the wind damage. Two or three layers of plastic net could also reduced wind speed 78.2% and 84.5%, respectively, compared with the wind speed of open field. The yields of those maize with protected treatment were higher than those without protected. Four kinds of plant growth retardent, Ethrel, Alar, C.C.C. and Abion-C were used to compare there effects on the plant height and yield of corn. The results indicated that distinguished effect on the plant height was obtained when Ethrel was applied to 50cm high corn plants. Plant height was reduced about 28% and yield was increased by 3.4% in autumn crop. Plants treated with Ethrel standed errect, while others will slope about 30 degree in field at the harvest time.

As all the results we had found that the weather condition of autumn crop in northen area of Taiwan is better than that of the spring crop by using the cultivation method which we practice. In autumn crop the vegetative growth of cron is better than the reproductive growth. At the grain

filling stage of autumn crop, the temperature decreases and wind speed increases which will induce leaves broken and reduce photosynthetic ratio. We suggest that the yield limiting factor of autumn crop would be the source supply in the period of grain filling stage. While in spring crop, temperature and sunshine duration were low in the period of vegetative growth of cron which will affect the development of sink organ. We suggest that the limiting factor of grain yield of corn in spring crop would be the sink capacity. Maintaining the effect leaf duration and increasing photosynthatic matter would be important in autumn crop, while in spring crop applied nitrogen fertilizer at early

As the results also indicated that in the northen area of Taiwan, the methed of nitrogen fertilizer application used in autumn crop the best way is apply more nitrogen fertilizer at one week before tasseling, while in spring crop, more nitrogen fertilizen should be applied at early growth stage of corn. The results also concided with the pattern of dry matter accumulation and partition. In spring crop, the limit factor of yield was the sink capacity. The development of sink organ would be improved when more nitrogen fertrlizer was applied at early growth stage of corn. While in autumn crop, the limit factor is the amount of photosynthesis supplied at grain filling stage. The leaf photosynthesis could be increased and the grain filling would be improve when more nitrogen fertilizen was applied at the stage of one week before tasseling.

There have strong monsoon in northern area of Taiwan in late autumn season, which will decrease the yields of corn. Although Ethrel could decrease the plant heigh and reduce the stress of wine, but also would decrease the supply of source. But in the area which the monsoon is very server the applied of Ethrel could be increase the yields of corn.

In conclusion, this research demonstrates that the IAA to be relative to the partition and production of photosynthetic matter and could an inner controller of sucrose translocation and dry matter accumulation during the grain filling stage.

第一章 緒言

作物之產量不僅與其生產總乾重有關，亦與總乾重中，貢獻於作物收穫部份之比例有關。欲增加作物之產量，大致可由四個方向來進行：(1) 提高作物光合作用效率，以增加作物之總乾重。需提高單葉之光合作用效率或改變作物冠層（canopy）結構，減少葉片間之遮蔭，以提高整株之光合作用效率，增加供源（source）產量。(2)提高分配比（partition），使轉運至積儲（sink）部位的光合產物轉送速率及分配效率提高，以增加作物收穫指數（harvest index，HI）。(3)提高子粒充實速率及延長子粒有效充實期間，使子粒充實期間增長並快速蓄積光合成物質。(4) 減少環境逆境所導致之減產。總括而言，需使用適宜的栽培管理，配合良好的環境下，使作物供源－積儲及分配間適當的配合，方能使作物獲得高產。其中又以子粒充實期間最為重要，於子粒充實期，如果光合成物質供應不足，或光合產物轉運效率偏低，或子粒之發育有障礙，皆會產生子粒充實不良之現象而導致低產。

自植物荷爾蒙被發現以來，其在種子發育過程中所扮演之角色已漸為人所重視。最近一些研究報告指出，環境及遺傳因子會影響發育中子粒各種荷爾蒙之含量，以及子粒生長速率及充實期之長短（ Weaver 和 Johnson，1985 ），是故子粒發育及生長是由本身的遺傳組成及外在的環境因子，透過植物荷爾蒙居中調節所表現出來的結果。因此在研究作物產量的限制因子上，子粒內生荷爾含量的變化為一相當重要的訊息。

目前本省每年消耗玉米約三百二十餘萬公噸，但年產量僅約十八萬公噸，自給率相當低，並需消耗大量外匯進口玉米（台灣農業年報，1986）。另一方面，稻米卻生產過剩造成倉儲不足等糧政問題。是故政府極力輔導農民將水田轉作雜糧等作物，期能紓解稻米生產過剩之壓力並提高雜糧自給率。玉米具有高產潛能，一般認為是最具轉作潛力之作物，然而省內飼料玉米栽培面積仍少，推其原因主為玉米單位面積偏低之故，美國玉米單位面積平均產量為6.9 噸／公頃，但本省僅為3.5 噸／公頃，雖然政府對玉米收購訂有保證價格，然因產量偏低故栽培玉米收益不高，很難誘發農民轉作玉米之意願，為達成政府推行稻田轉作之政策，首要工作為提高玉米單位面積產量和生產力。其方法有二，一為選育出具有高產潛力之品種，另外則必需加強和改進栽培管理技術，使玉米高產潛能得以發揮。本省栽培玉米品種如台農351 號具有高產潛能，然而於某些地區常未有理想之產量表現。故擬就影響產量潛能之生理因素加以探討，期能突破產量之瓶頸。

本論文的目的係利用不同的栽培管理如期作及氮肥管理以及逆境條件下，深入的瞭解玉米光合成物質之生產與分配。以瞭解外在因子對作物生長發育之影響

，尤其是對乾物質累積速率以及乾物質於供源－積儲間分配之影響。同時並分析子粒充實期間不同部位子粒內生植物荷爾蒙含量之變化，期能以植物內生荷爾蒙之觀點來探討玉米光合成物質生產與分配之控制以及產量的限制因子。並以以上所得之生理資料擬定玉米於逆境下之改善措施，並於田間加以印証。

本論文中有關「期作對玉蜀黍光合成物質生產與分配之影響」屬較前之試驗係摘錄於細著之博士論文第三章，有關於「氮肥施用量及施用時期對玉蜀黍乾物質生產與分配之影響」則發表於中華民國農學團體七十七年聯合年會特刊，部份內容亦轉載於雜作簡報 (Ann. Rep. Dryland Food Crops Imp,) 29: 235-244 (1987)。有關「玉米子粒於充實期間內生荷爾蒙含量之變化」則發表於中央研究院植物研究所專利第七號 pp. 75-97(1989)，並於「玉米生理遺傳與育種研討會」行論文宣讀。有關「北部地區主要自然災害對玉米生育之影響及改善措施試驗」則發表於「台灣地區農業氣象資源應用研討會」專輯 pp. 331-347 (1989) 並於該研討會中宣讀。

第 二 章

期作對玉蜀黍光合成物質生產與分配之影響

一、前言：

玉蜀黍屬C_4型植物，原產於熱帶南美，性喜高溫多溼，且對環境之適應力強，適合於本省氣候條件下栽培，然而本省玉米於72年 -75年間來單位面積子粒產量為 3,031-3,727公斤／公頃，平均在 3,409公斤／公頃左右，其中以本省北部地區單位面產量低僅為 3,245-3,031公斤／公頃 (附錄1)，不及美國單位面積產量之一半。就美國主要玉蜀黍栽培地帶 (corn belt)之氣候條件而言，其夏季平均氣溫在 21-27℃之間，總降雨量為42-54 cm，本省玉米生育季節內平均氣溫在 20℃以上，全年雨量亦超過 150 cm。一般而言，玉蜀黍之栽培上並無特殊之氣候限制，然就本省之栽培制度下，春秋二作間氣象條件相差甚大，可能為導致玉米產量不穩定及低產原因之一。

本省北部玉蜀黍的耕作制度，一般採春、秋二作，春作於 3月上中旬播種，7月上旬收穫，秋作於 8月上中旬播種，11月中下旬至12月上旬收穫。圖 2-1,2-2為桃園區農業改良場氣象測候站於民國72年至75年間以旬為單位之平均氣溫風速及日照時數旬變化圖。顯示此區春秋二作氣候型態完全不同，春作播種期氣溫較低，日照不足，但於子粒充實期氣候適於玉米之生長。秋作於播種期氣溫相當高，隨著玉蜀黍之生長氣溫逐漸下降，同時風速增加，於十月中旬會出現強烈之季節風，故此期之氣候較不適於玉米之生長。

一般而言，作物的產量是許多錯綜複雜因素綜合表現的結果，生育過程中任何一個因素的改變都會直接間接地影響到最終產量，唯有各因素間適當之配合，方能有高產的結果。如前述及影響到玉米產量最主要的生理基礎為供源強度以及乾物質之生產與分配。因此本篇研究之目的，即利用春、秋二作玉米生育時氣象條件明顯的不同，以瞭解氣象條件對供源及積儲發育之影響，並探討不同氣象條件下供源與積儲何者為產量之限制因子，俾做為將來改進栽培之依據。

二、試驗材料及方法

(一)試驗地點及時間：

本試驗於民國73年春作開始至民國75年秋作，連續 3年於桃園區農業改良場試驗田進行。

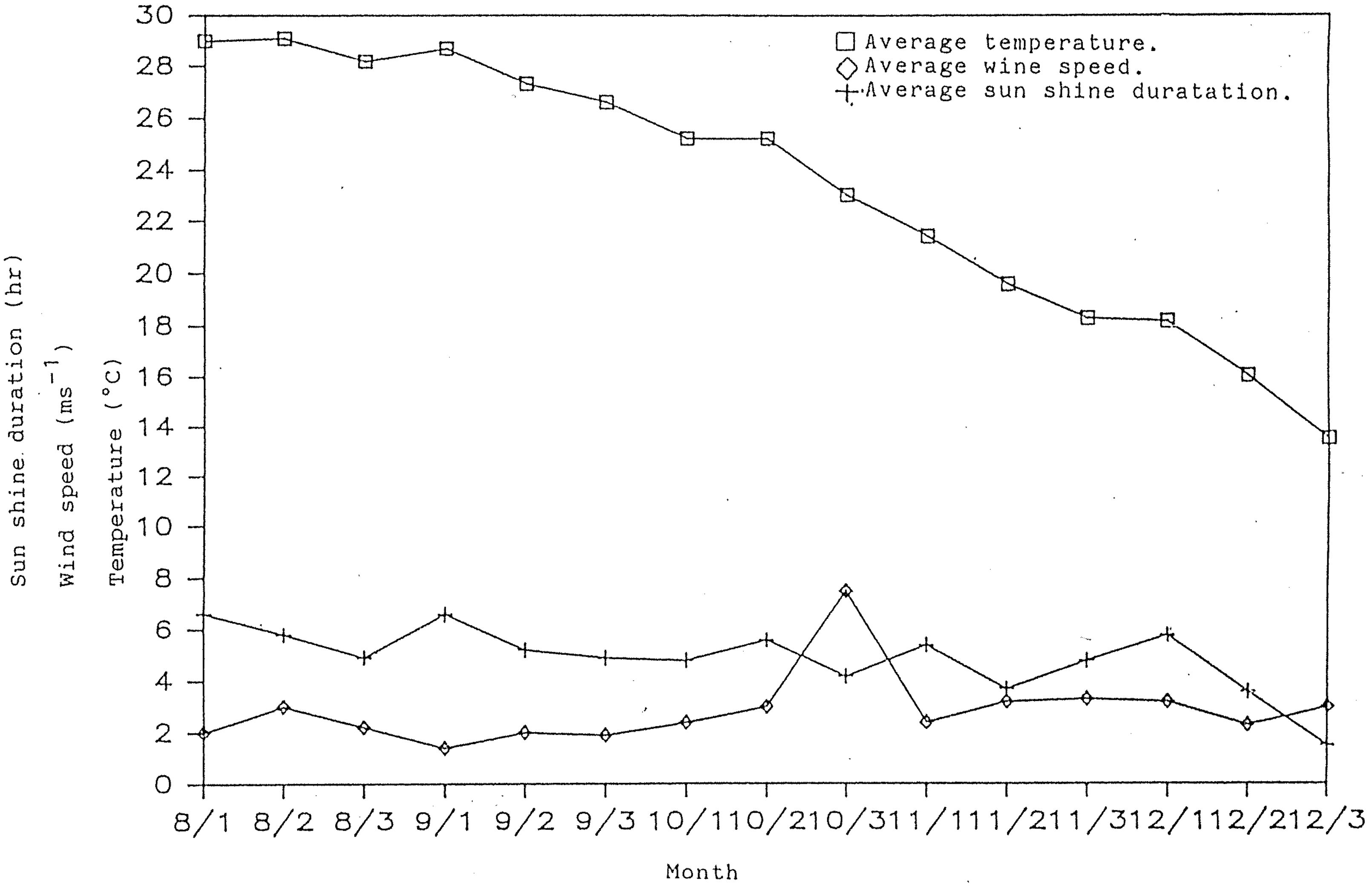


Fig. 2-1. Mean temperature, wind speed and sunshine duration at Taoyuan District Agricultural Improvement Station in the autumn crop season from 1982-1985.

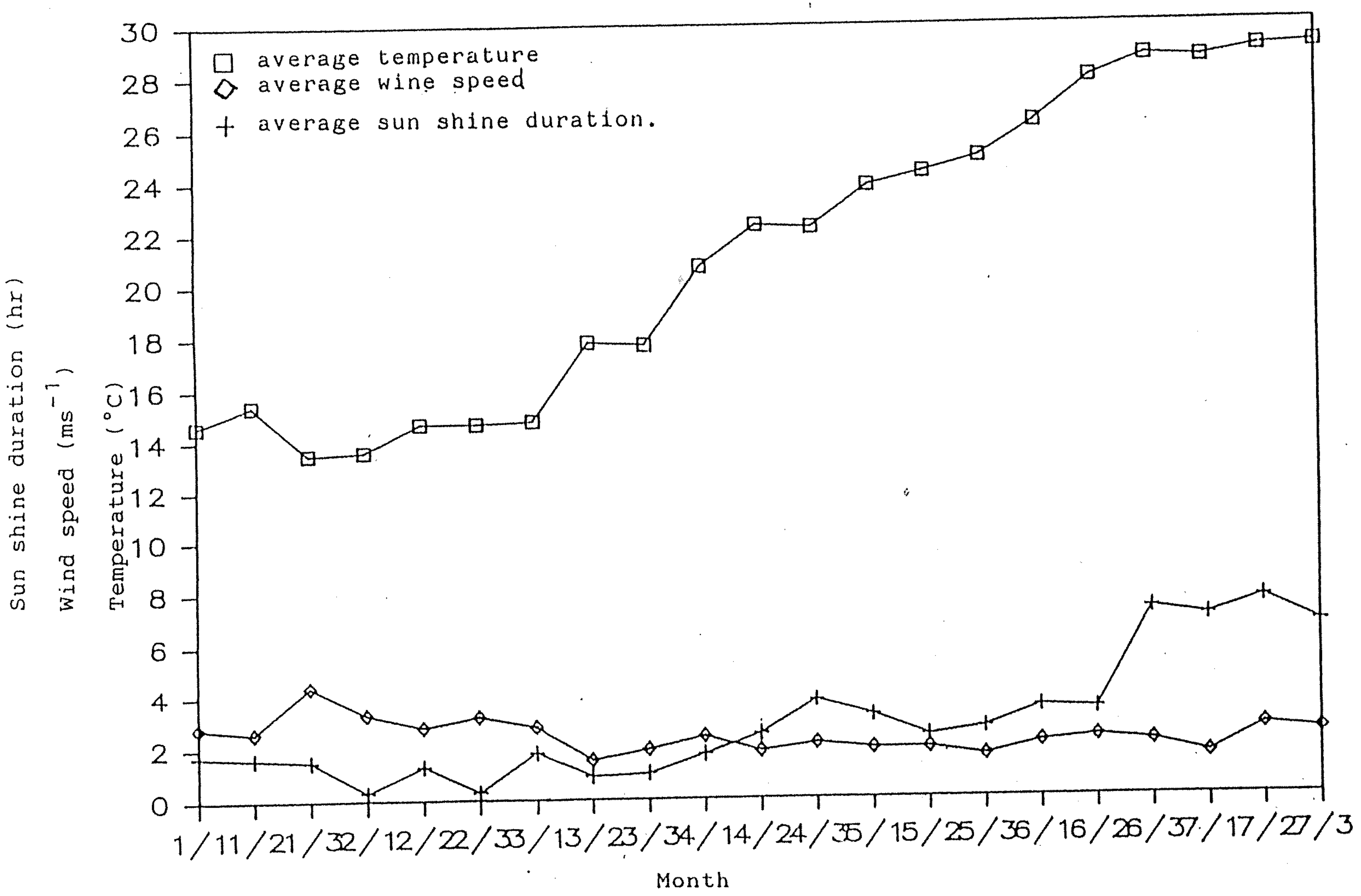


Fig. 2-2. Mean temperature, wind speed and sunshine duration at Taoyuan District Agricultural Improvement Station in the spring crop season from 1982-1985.

(二)試驗材料及方法：

以玉米台農 351號為試驗材料，行株距為70 x 25 公分，春作於 3月中旬播種，秋作於 8月上旬播種。施肥量為每公頃硫酸銨 1,000公斤 (基肥 75 %，追肥 25 %)，另過磷酸石灰 450公斤與氯化鉀 150公斤以基肥一次施用。其他田間管理則按一般方式實施。

(三)採樣及調查項目：

於播種後依據 Hanway (1963)將植株之生育，分為10期 (詳如附錄2)，每次自小區內採取 4株，四重複共計16株，自地表部割下後量其株高，並區分為葉及稈二部份，如有雌穗時則將雌穗另外取下分別裝袋，於 85℃ 烘乾 5日，稱量各部份之乾重後磨粉以進行非構造性碳水化合物 (total nonstructrual carbohydrates, TNC)及總氮素含量之測定。分析方法係先取50個樣品，TNC 之測定依據Smith (1969)法，稱取適量 (50-400mg) 樣品，以 0.5 % takadiastase ("clarase 40,000", Miles Laboratories Inc)於40℃下水解44小時，再以 Shaeffer-Somogyi Copperiodometric titration method定量，另總氮素含量係以 Semi-micro Kjeldahl 方法測定 (Yoshida 等, 1972)，再將此50 樣品置於近紅外線分析儀 (Near Infra-red Analyzer,簡稱 NIR, Neotec Model 102 Near Infra-red analyzer, Pacific S-cietific U.S.A) 並將這些樣品的化學分析數值輸入，以求得合適的波長及係數。再將 NIR所得之值與傳統化學分析值間進行相關性測驗，當r 值高於 0.9時方進行其他樣品之分析。

(四)資料之計算：

上述取樣調查結果，依下列公式計算其 RGR、CGR、LAI、LAD 及 NAR,計算公式依據 Coombs 和 Hall (1982)及盧 (1985) 所述：

1.平均相對生長速率 (mean relative growth rate, $\overline{RGR}$)

$$\overline{RGR} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{w_2}^{w_1} d(\ln w) = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t_2 - t_1}$$

t_1, t_2 ： 第一、二次取樣日期

w_1, w_2 ： 第一、二次取樣乾重

2. 作物生長速率 (crop growth rate, CGR)

$$CGR = \frac{1}{P} \cdot \frac{dw}{dT} = \frac{1}{P} \cdot \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

P ： 植株所佔面積

3.葉面積指數 (leaf area index, LAI)

$$LAI = \frac{L_a}{P}$$

L_a ： 全株葉面積

P ： 植株所佔面積

4.葉面積持續期 (leaf area duration, LAD)

$$LAD = \int_{t_2}^{t_1} A\,dt = \frac{A_2 - A_1}{\ln A_2 - \ln A_1} \cdot (t_2 - t_1)$$

A_1, A_2 ：第一、二次取樣時期單株葉面積

5.淨同化速率 (net assimilation rate, NAR)

$$NAR = \frac{1}{A} \cdot \frac{dw}{dt} = \frac{2(w_2 - w_1)}{(A_2 + A_1)(t_2 - t_1)}$$

6.供源強度潛能 (potential source strength)

以 LAD × NAR 之乘積表示之

7.預存物質 (reserves)

子粒進入直線充實期時 (約授粉後 7-14天), 植物營養器官生長幾達最高值

，以此時期之植株營養器官總乾重代表預存物質之多寡。

子粒部位的生長特性，依 Badu-Apraku等 (1983) 之方法，計算 LGR, EFPD, HI等項。

8.子粒直線充實速率 (linear grain filling rate, LGR)

由子粒充實期每週所測之子粒重，求直線充實期間，充實日數與子粒重之直線迴歸係數值即為 LGR ($g.\ plant^{-1}.\ day^{-1}$)。

9.有效充實期 (effective filling period duration, EFPD)

$$EFPD = \frac{\text{最大子粒重}}{LGR}$$

10.積儲強度潛能 (potential sink strength)

以LGR及EFPD之乘積表示之。

11.供源－積儲比值 (source-sink ratio)

以供源強度潛能及積儲強度潛能相除表示之。

12.收穫指數 (harvest index, HI)

成熟採收時調查各項農藝性狀及產量。

三、結果

(一)期作間農藝性狀之差異：

期作間玉米株高有明顯的差異，經三年調查結果，秋作株高皆高於春作，期作間株高相差20至30公分 (表2-1)經 t-test 後差異達極顯著。就穗部農藝性狀而言，秋作玉米不論穗長，穗行數、百粒重及產量皆較春作為佳，其中尤以百粒重期作間差異極，但穗長及行粒數春作較秋作為佳。期作間子粒充實期亦不同，秋作較長約為42天，春作則僅為27天左右。另秋作穗頂充實不良之現象較春作明顯，導致秋作行粒數較為偏低。由穗部乾物重增進情形 (圖2-3) 春作初期增進速率較秋作快，但至後期則趨於緩和，而秋作則以直線上升，至成熟末期乃繼續增進。

(二)期作間葉乾重之差異：

圖 2-4為期作間葉乾重之差異，時期一為雄穗抽出期，時期二為吐絲期，時期三為乳熟期，時期四為黃熟早期，時期五為黃熟晚期於此期子粒已達生理成熟，可觀察到子粒胚與穗軸連接處有黑層 (Black layer)形成。期作間葉乾重變化之差異如圖 2-4，秋作葉乾重明顯的高於春作。秋作葉乾重於

表　2-1：　玉米台農351號春作二期作農藝性之差異．
Table 2-1 : Some agronomic characters of Tainung 351 corn plants cultivated in the autumn and sping crop seasons.

農藝性狀 Agronomic characters	秋　作 autumn crop	春　作 spring crop	
株　高 Plant Height (cm)	221.9	191.9	*
穗　長 Ear Length (cm)	15.7	16.9	
行粒數 Kernel No./Row	35.0	37.0	
穗行數 Ear Row Number	16.0	15.0	
百粒重 100-Kernel Wt.(g)	28.3	23.9	*
產　量 Kernel Yield (kg/ha)	4788.0	4287.0	*

註　：資料係以 72 年至 75 年田間試驗結果平均
note : Field-trial data averaged from 1983 to 1986.
* Significantly different at 5% level between crop seasons.

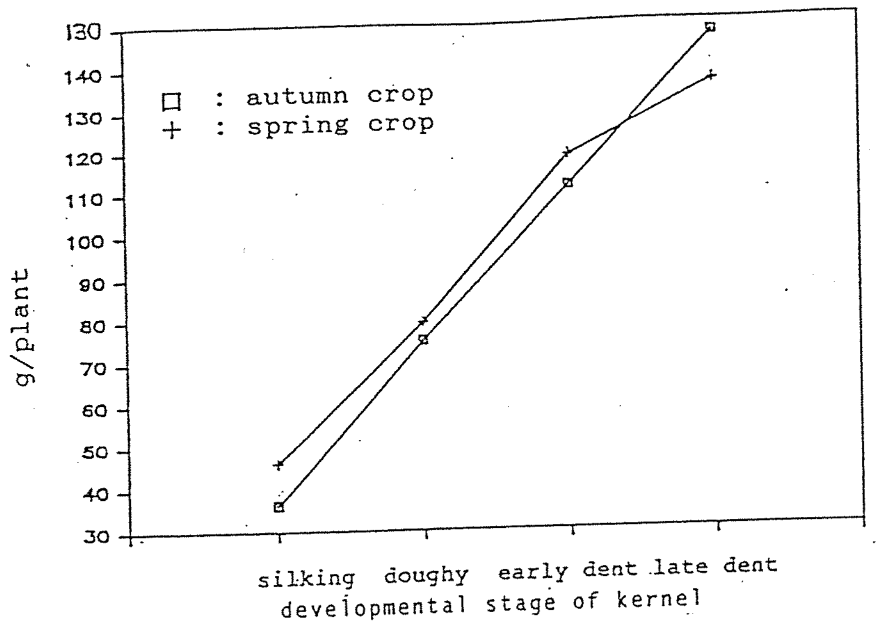


圖　2-3：玉米台農351號不同期作子粒充實期間穗乾重累積情行之差異·

Fig.2-3 : Changes in ear dry weight during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

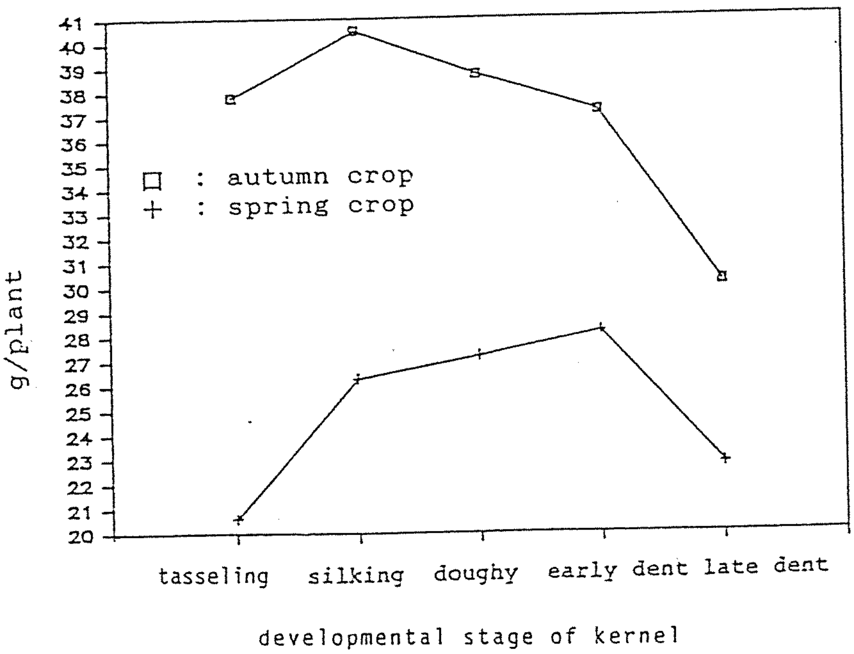


圖　2-4：玉米台農351號不同期作子粒充實期間葉乾重累積情行之差異·

Fig.2-4 : Changes in leaf dry weight during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

吐絲期達最高點，但於子粒快速充實期間迅速下降，至成熟期為最低；春作葉乾重於吐絲後仍可繼續增加，至黃熟早期才達高點，至黃熟晚期葉乾重亦有下降之趨勢。於營養生長期，秋作葉乾重明顯高於春作，秋作在雄穗抽出期葉乾重為 38g左右而春作僅為 21g左右。故期作間於雄穗抽出期葉乾重異極大（表 2-2）。但秋作於雄穗抽出後葉乾重增加很少僅2.5g左右，但春作卻可增加達 6g左右，且秋作於吐絲後葉乾重即不再增加且迅速下降，但春作於吐絲後葉乾重仍有增加之現象（圖2-4）

(三)期作間稈乾重之差異：

期作間稈乾重之差異，如同葉乾重，秋作稈乾重大於春作，但期作間皆以黃熟早期稈乾重達最高點（圖 2-5），但秋作於吐絲期後每株增減不多，在5g以內，但春作於吐絲期至黃熟早期稈乾重直線增加達 10g左右，但於成熟期稈乾重卻迅速下降。二期作間有一共同點即於雄穗抽出後稈乾重仍繼續快速增加，至吐絲期後增加之速度減緩，於春作此現象更為明顯。於雄穗抽出期至吐絲期稈乾重增加速度春大於秋作。

(四)期作間地上部總乾重增進情形之差異：

秋作及春作植株地上部乾物質累積情形以及乾物質於供源及積儲間之分配情形差異極大，示於圖 2-6及圖 2-7，於秋作總生育期約需 100天左右播種後50天左右即可抽出雄穗，故營養生長及生殖生長期約各為50天。秋作營養生長期植株發育良好，莖葉總乾重約有110g；進入生殖生長期後，莖葉乾重增加很少，至後期不增反而減少，於此時期所形成的光合物質大部份皆轉運至穗部，而以穗重表現出來。春作總生育期比秋作長，約需 110天，雄穗於播種後75天出現，故其營養生長期較長為75天；而生殖生長期較短，僅35天。春作營養生長期於北部地區氣溫較低且常有春雨及梅雨，致有溼害及日照不足（圖 2-1），故於播種後生育緩慢或甚致不長，故此時期植株發育較差，莖葉總乾重僅有 60g左右，與秋作相差達 50g，但春作於生殖生長期，氣溫上升至25℃且日照由 3小時增加至約 8小時（圖 2-1），故植株生長迅速，雖然玉米於生殖生長期主要的積儲器官為穗部，但由圖 2-7可明顯看出，於此時期中莖葉總乾重仍繼續增加，直至黃熟早期莖葉乾重才不再增加，由吐絲期至黃熟早期莖葉乾重增加 40g，而秋作則無此現象。另春作於子粒充實期間乾物質之累積速率亦較秋作為高，春作於此時期每日乾重增加 6g左右，其中穗部每日增加乾物質 5g，秋作於生殖生長期每日乾物質增加約為3.7g，其中穗部每日乾物質增加為 3.5g，故秋作於生殖生長期所合成之乾物質幾乎全部分配至穗部而春作則仍有部份保存於莖葉部份。就穗部平均

表 2-2：期作間雄穗抽出期,吐絲期,及成熟期農藝性狀之差異．

Table 2-2 : Some agronomic characters measured at tasseling silking and maturity stages for corn plants cultivated in the autumn and spring crop seasons.

農藝性狀 Characters	秋作 Autumn crop			春作 Spring crop		
	雄穗抽出期 tasting	吐絲期 silkig	成熟期 maturing	雄穗抽出期 tasting	吐絲期 silking	成熟期 maturin
株高 Plant Heigh (cm)	214.6	231.9	224.1	178.8	188.8	184.2
乾重 Dry Weight (g/plant)						
葉 Leaf blade	37.8	40.5	30.2	20.6	26.3	22.8
稈 stalk	67.9	80.0	82.3	40.7	65.7	61.7
葉+稈 Leaf+Stalk	105.7	120.5	112.5	61.3	92.0	84.5
穗 Ear	---	36.7	138.8	---	46.6	135.5
總乾重 Total	105.7	157.1	259.4	61.3	138.7	222.0
收穫指數 Harvest Index	---	---	0.48	---	---	0.55

註：資料來源同表 2-1

note: Field-trial data from 1983 to 1986.

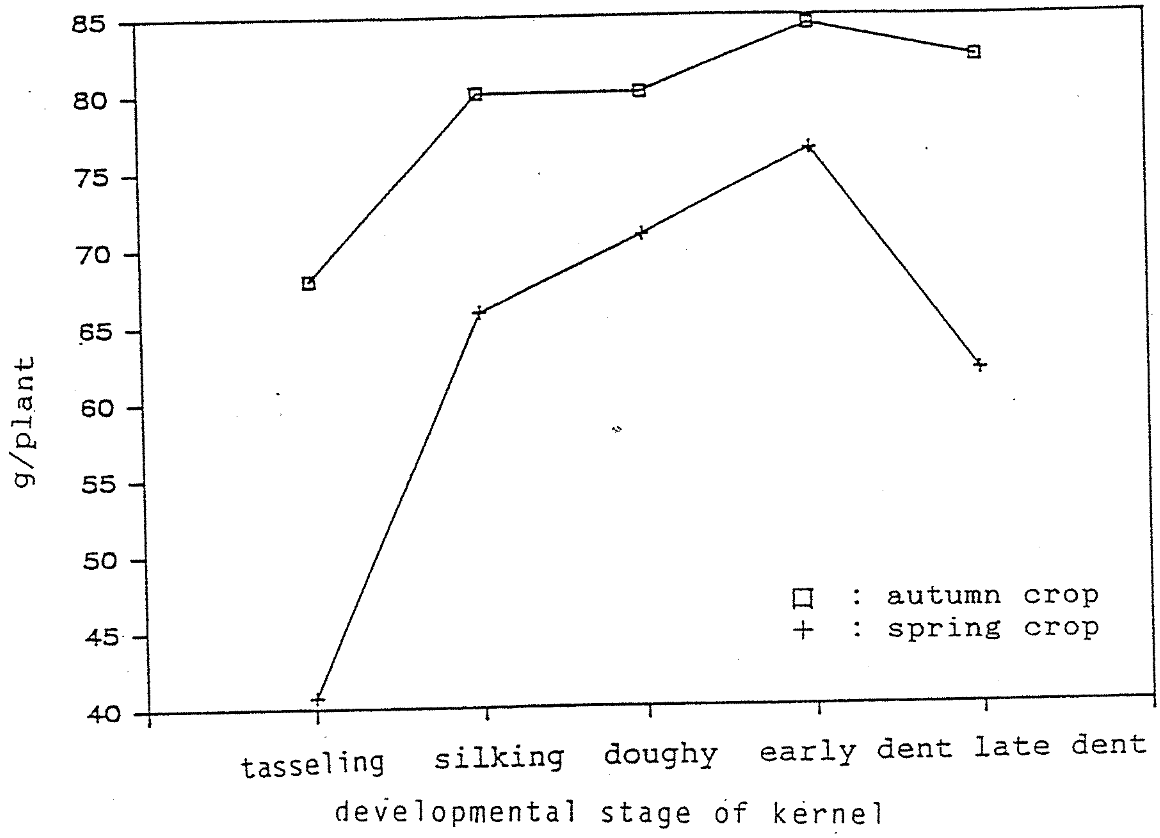


圖 2-5：玉米台農351號不同期作子粒充實期間稈乾重累積情行之差異．

Fig.2-5 : Changes in stalk dry weight during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

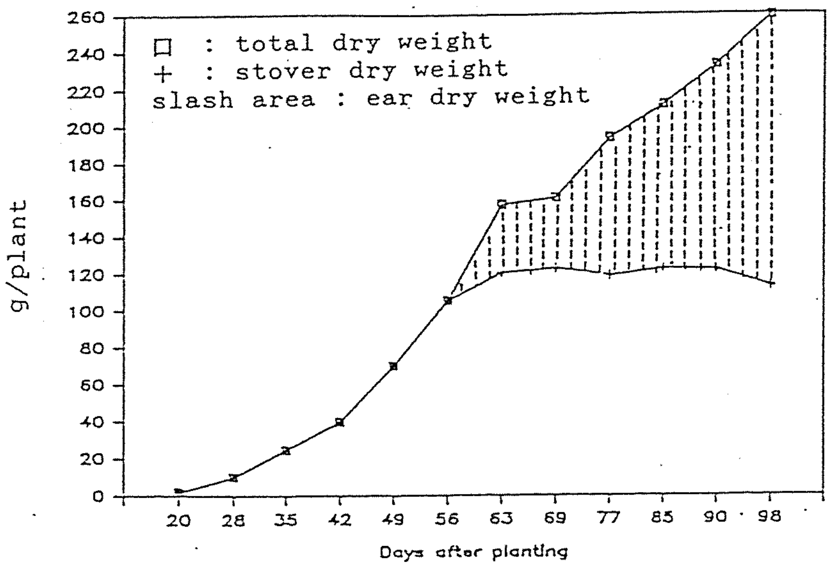


圖 2-6：玉米台農351號秋作乾物質之累積及於莖葉和穗間之分配情行．

Fig.2-6 : The accumulation of dry matter and the partition between stover and ear of corn plants grown in the autumn crop season(1984-1986).

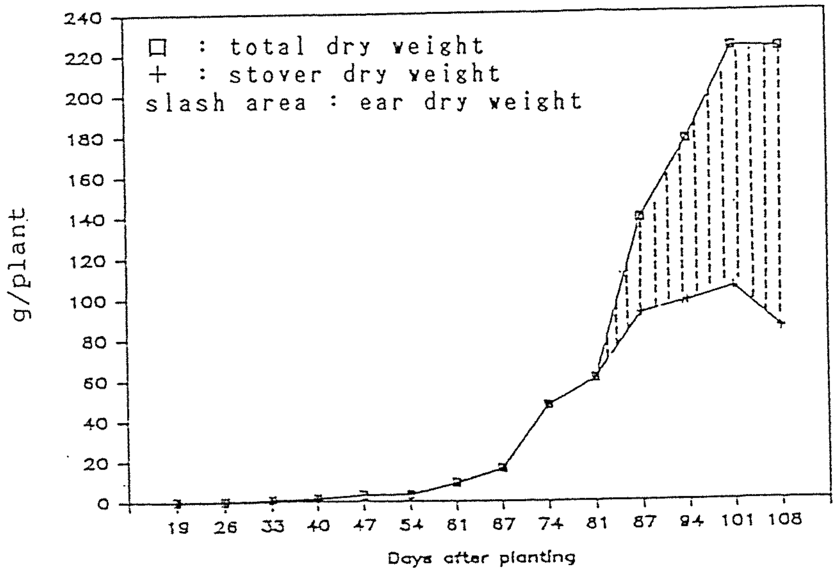


圖 2-7：玉米台農351號春作乾物質之累積及於莖葉和穗間之分配情行．

Fig 2-7 : The accumulation of dry matter and the partition between stover and ear of corn plants grown in the spring crop season(1984-1986).

相對生長速率（mean relative growth rate，RGR）結果亦同，由吐絲期至成熟期，秋作穗部 RGR為 0.038g.g^{-1}day^{-1}而春作穗部 RGR為 0.051g.g^{-1}day^{-1}。就收穫而言，秋作 HI=0.48春作 HI=0.55，故春作不論穗部 RGR或HI皆高於秋作，但產量反而比秋作為低，其最主要的原因為春作僅為 61.3g二者差異極大，（表 2-2）。

（五）期作間葉部氮及非構造性碳水化合物含量之變化：

秋作葉部氮含量於雄穗抽出期稍低，至吐絲期及乳熟期達最高點，但於黃熟期迅速下降，至成熟期達最低點（圖 2-8）。葉部非構造性碳水化合物（TNC)含量於雄穗抽出期最高，其後葉部氮含量亦於雄穗抽出期較低，而於吐絲期最高，乳熟期次之。由吐絲期至乳熟期氮含量下降較少但於乳熟期後則迅速下降（圖2-8），春作葉 TNC含量於雄穗抽出期亦低，但於吐絲期迅速增加後持平，至成熟期方下降。期作間葉部氮及 TNC含量，秋作皆較春作為高，尤其於雄穗抽出時期差異最為明顯，但至吐絲期，差異即逐漸減少，至成熟期則幾已無差異存在（圖2-8，2-9）。

（六）期作間稈部氮及非構造性碳水化合物含量之變化：

春作及秋作於子粒充實期稈部氮含量皆有下降之趨勢。於雄穗抽出期春作稈氮含量高於秋作，但於吐絲期至乳熟期間秋作較春作高 1.5%左右，至黃熟期春秋二作稈氮含量相若（如圖 2-10），稈部 TNC含量於雄穗抽出時期秋作比春秋二作稈氮含量相若（如圖 2-5）但於吐絲期以後春作稈部 TNC含量明顯的增加，增加量達 22%（如圖 2-11)雖然秋作於此時期稈 TNC含量亦有增加然增加量較少，顯示春作稈部 TNC含量高於秋作，整體來講吐絲期至成熟期稈部 TNC含量春作皆高於秋作。

（七）期作間玉米供源強度之差異：

玉米子粒乾物質主要由子粒充實期間葉部光合作用所供給，茲就葉部之性狀以比較期作間供源之差異。

期作間 LAI增進曲線差異很大，秋作生育初期 LAI較春作高很多，整個生育時期都維時此一現象，直至收穫時春秋二作之 LAI才無差異，秋作 LAI隨植株之及育而增加至雄穗抽出後達最高（4.8），爾後隨著子粒充實植株漸次老化而下降（圖 2-12），春作 LAI隨生育期逐漸增加至子粒充實末期為最大（3.4），此為春秋二作 LAI變化最大之差異點。

LAD 為葉面與生育期間之積分，春秋二作 LAD之變化情形亦不相同（圖 2-13）。秋作在子粒充實中期（即黃熟初期）達最高點後下降，但春作則於

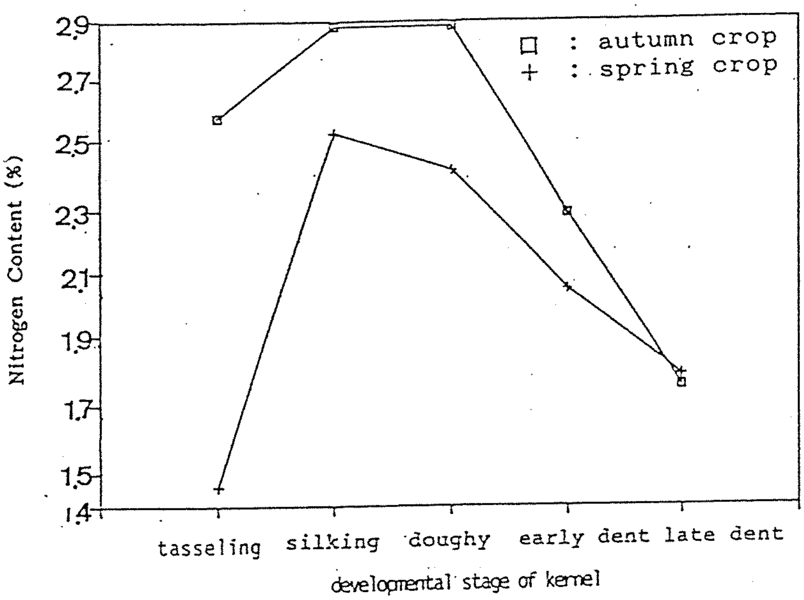


圖 2-8：玉米台農351號春秋二作子粒充實期間葉部氮含量之變化．

Fig.2-8 : Changes in leaf nitrogen content during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

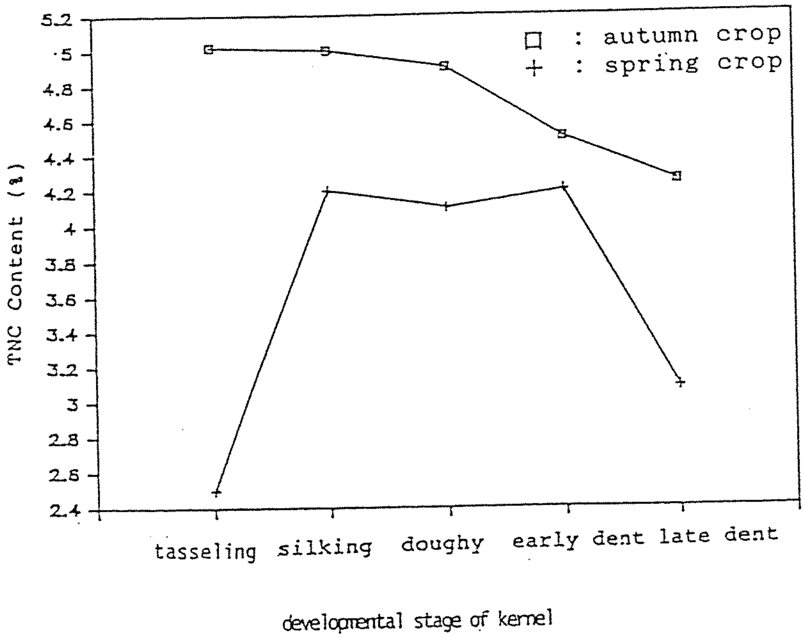


圖 2-9：玉米台農351號春秋二作子粒充實期間葉部TNC含量之變化．

Fig.2-9 : Changes in leaf TNC content during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

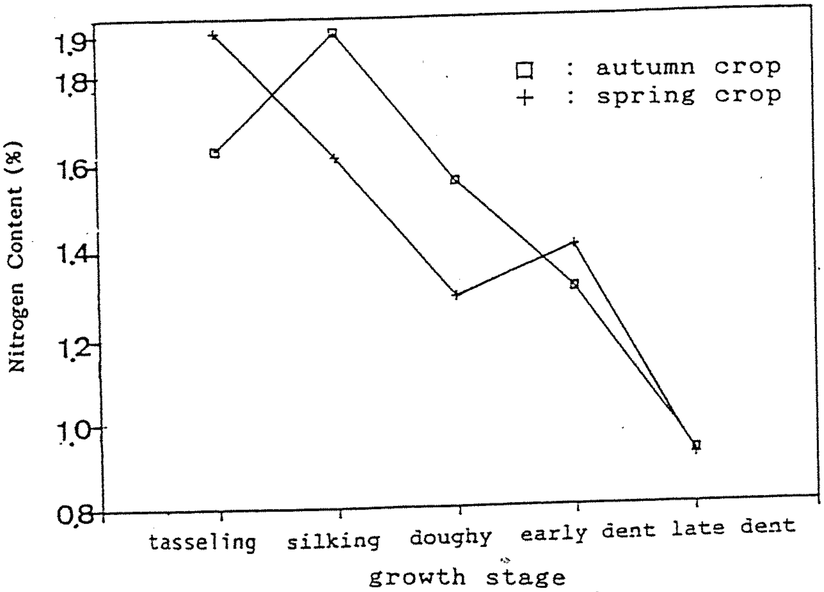


圖 2-10: 玉米台農351號春秋二作子粒充實期間稈部氮含量之變化。

Fig.2-10: Changes in stalk nitrogen content during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

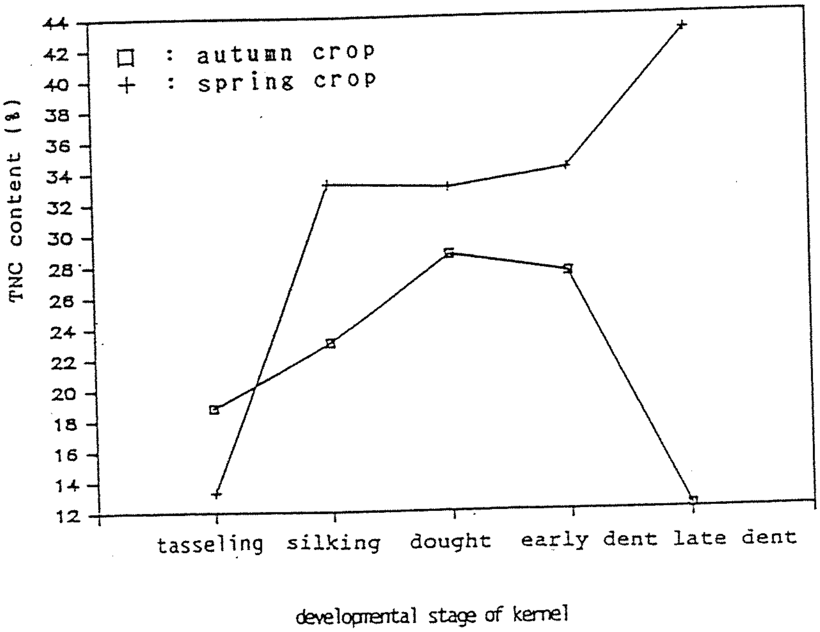


圖 2-11: 玉米台農351號春秋二作子粒充實期間稈部TNC含量之變化。

Fig.2-11: Changes in stalk TNC content during kernel-filling period of Tainung 351 corn plants grown in the autumn and spring crop seasons.

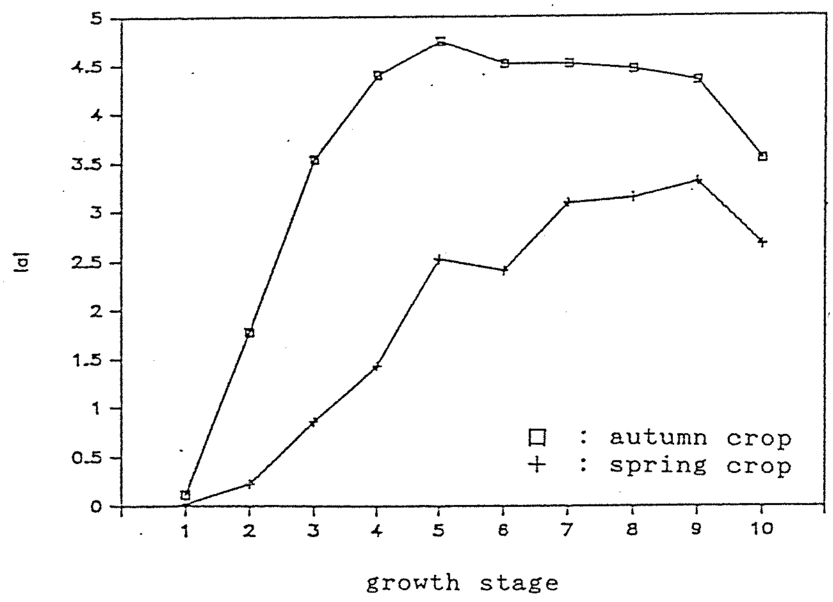


圖 2-12 :春秋二作生育期間葉面積指數(LAI)之變化.

Fig. 2-12: Changes in leaf area index (LAI) of corn plants at successive stages of development in the autumn and spring crop seasons. See Appendix 2 for description of developmental stages.

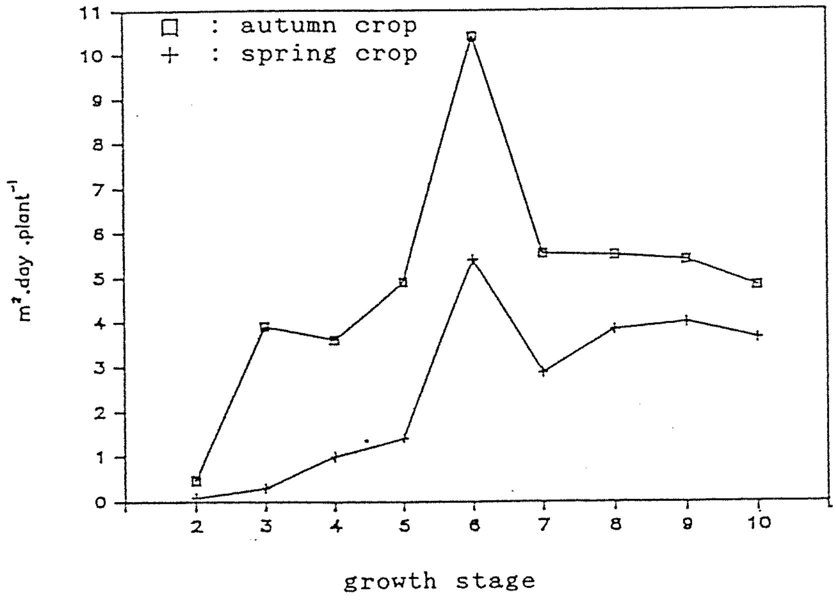


圖 2-13 :春秋二作生育期間葉面積持續期(LAD)之變化.

Fig. 2-13: Changes in leaf area duration (LAD) of corn plants at successive stages of development in the autumn and spring crop seasons. See Appendix 3 for description of developmental stages.

子粒充實末期方達最高點，秋作 LAD高於春作但至子粒充實末期二者之差異減少。秋作子粒充實期 LAD總和為 $22m^{2}.plant^{-1}$，春作則僅為 $14.3m^{2}.plant^{-1}$，故秋作比春作高約 54%(表 2-3)。

圖 2-14 為二期作 NAR之變化情形，秋作生育初期較高，至時期 6即雄穗抽出前一週又達另一高峰，而於子粒充實期，下降後時平。春作生育中期，NAR下降，至雄穗抽出後達另一高峰，但於子粒乳熟期有一急遽上升，此為秋作所没有之現象，此時正值子粒快速充實期，隨後又逐漸下降。子粒充實期間平均 NAR以春作較高為 $13.3gm^{-2}day^{-1}$秋作較低僅 $4.26gm^{-2}day^{-1}$ (表 2-3)。

圖2-15為春秋二作生育期間作物生長速率，春秋二作變化形態完全不同，秋作於雄穗抽出前一週達最高點，雄穗抽出期急遽下降，於子粒充實期稍微上升，但於子粒充實 CGR明顯的上升。

另以 LAD及 NAR之乘積代表子粒充實期間葉部所能生產之光合成物質，做為子粒充實期間供源強度潛能之估值。春作為 190.2g ，而秋作較低僅較小而春作較高。

但就預存物質而言，秋作高於春作，且相差很大，秋作為 120.5g ，但春作僅為 92g。

由以上供源強度的差異可以看出，秋作生育初期生長較佳，故有較高的預儲物質，但於子粒充實期之生育較差，故於子粒充實期供源潛能較低；反之春作於生育初期植株發育較慢，至生殖生長初期生育較秋作差，但於子粒充實期間生長快速且供源潛能較高。

(八)期作間玉米積儲強度之差異：

飼料玉米子粒為其主要的積儲部份，積儲強度代表子粒部位累積光合產物容量之大小，如表 2-2所示，秋作百粒重較春作大，二者相差達4.4g，但春作每穗子粒數秋作多，相差約50粒，此乃因秋作常有穗頂充實不良之現象，而春作此現象較少，但百粒重較差。就子粒直線充實速率相較，春作為 $4.85g.day^{-1}.pl\text{-}ant^{-1}$，明顯的高於秋作之 $3.18g.day^{-1}.plant^{-1}$，然就有效充實期 (EFPD)而言，秋作之28天較春作之15.5天長約12.5天，故就充實特性而言，秋作較春作為佳(表 2-4)。

收穫指數代表乾物質分配至經濟部位之效率春作為0.55較秋作0.48為高(表2-2)，同時供源積儲比春作為2.53，而秋作僅為1.05(表 2-4)，故就乾物質之分配情形而言春作較秋作佳。

表 2-3：玉米台農351號春作二期作子粒充實期供源強度之估值．

Table 2-3. Estimation of source strength during kernel-filling period for Tainung 351 corn cultivated in the autumn and spring crop season*

Crop Season	Leaf Area Duration (LAD) (m .day/plant)	Net Assimilation Rate (NAR) (g/m /day)	Potential Source Strength (LAD X NAR)	Reserve** (g/plant)
Spring	14.3	13.3	190.2	92.0
Autumn	22.0	4.3	93.7	120.5

*Field-trial data averaged from 1983 to 1985.
**Amount of dry matter accumulated at the time of silking.

表 2-4：玉米台農351號春作二期作子粒充實期積儲強度之估值．

Table 2-4. Estimation of sink strength during kernel-filling period for Tainung 351 corn cultivated in the spring and autumn crop season*

Crop Season	100-Kernel Weight (g)	Kernel Number Per Ear	LGR** (g/plant/day)	EFPD*** (day)	Potential Sink Strength (LGR X EFPD)	Source to Sink ratio
Spring	23.9	560	4.85	15.5	75.2	2.53
Autumn	28.3	507	3.18	28.0	89.0	1.05

*Field-trial data averaged from1983 to 1985.
**Linear grain-filling rate.
***Effective filling period duration.

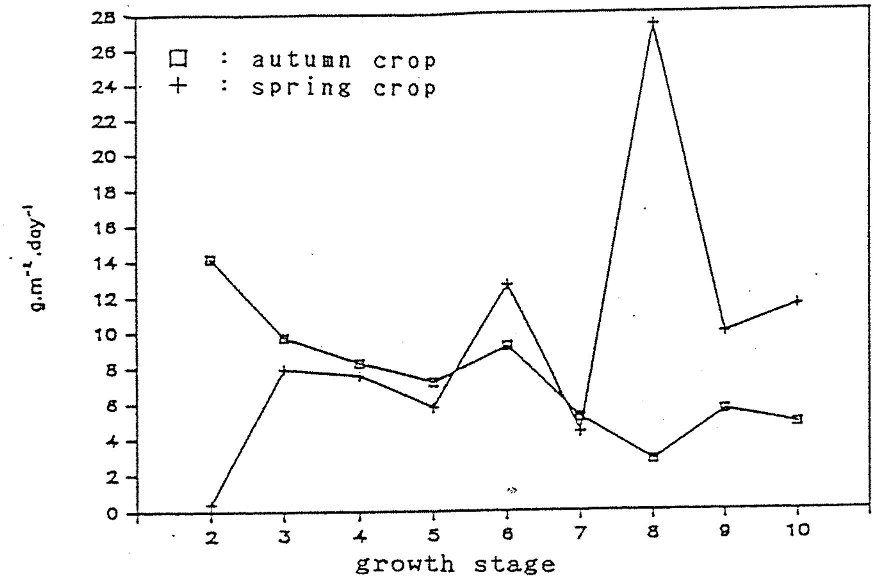


圖 2-14 :春秋二作生育期間淨同化速率(NAR)之變化.

Fig. 2-14: Net assimilation rate (NAR) of corn plants at successive stages of development in the autumn and spring crop seasons. See Appendix 3 for description of developmental stages.

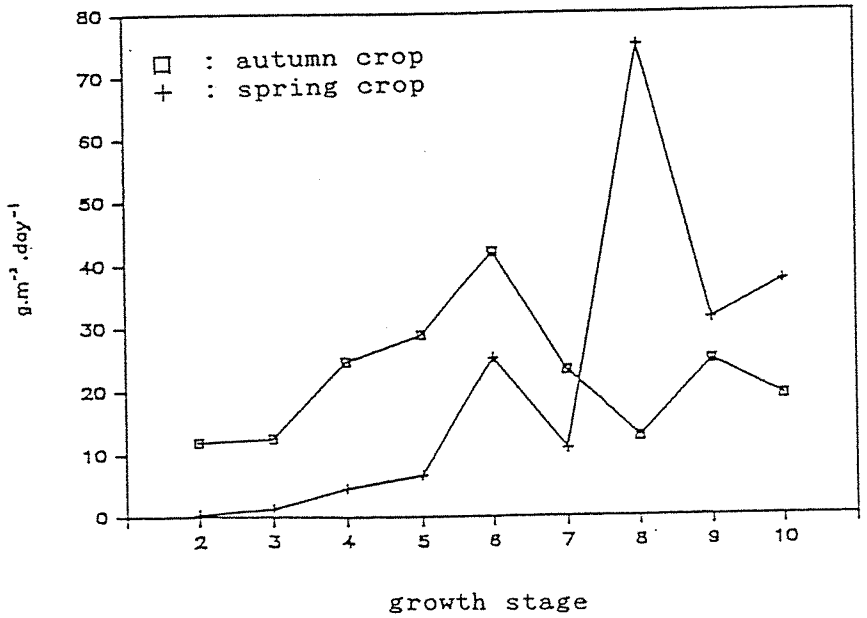


圖 2-15 :春秋二作生育期間生長速率(CGR)之變化.

Fig. 2-15: Crop growth rate (CGR) of corn plants at successive stages of development in the autumn and spring crop seasons. See Appendix 3 for description of developmental stages.

四、討論與結論

氣象因素的變化會影響到玉米的產量表現 (Thompson, 1986), 栽培環境及季節會影響玉米子粒產量(Yamaguchi, 1974b), 陳等(1985)指出本省玉米栽培散佈於全省各地的低產水田, 栽培環境多變, 其中各種因素如溫度、日照、雨量等季節性大環境因素 (macro-environment)或是地域內小環境因素 (micro-environment)的變化, 常為影響作物生長表現的重要因素。就本省的栽培環境而言, 春作初期及秋作後期常有低溫為害, 影響產量甚大 (林, 1980), 而秋作於子粒充實期間常有東北季風來襲, 玉米葉片於強風下會相互摩擦破裂, 導致葉片提早老化, 亦嚴重影響到光合作用與養分之轉運。故本篇之目的在探討本省北部不同期作下玉米產量差異的原因, 以及作物生理性狀的變化, 期瞭解氣象因子對玉米生長之影響, 藉以探究產量限制因子, 以及影響產量較為重要之生理性狀。

玉米生長時期各種性狀之表現均會直接或間接地影響最終產量, 唯當各種性狀的表現有最佳的配合, 才能獲得最高產量(Nelder, 1963), 本省北部玉米栽培, 春作溫度由低往上升, 於子粒充實時溫度最合適於玉米生長, 且此時期日照時數亦最長。秋作溫度由高往下降, 但生育初期不論氣溫、日照等氣候因素皆合適玉米之生長, 但至生育後期氣溫下降, 日照時數減少, 伴隨著東北季風的來臨不利於玉米之生長 (圖 2-1, 2-2), 故春秋二作皆有利及不利之氣候環境, 適合作為以氣候條件探討產量之生理基礎之研究材料。

本篇試驗結果發現, 春作玉米總生育日數較秋作長但其中營養生長所佔之日數較長(75天), 而子粒充實期較短(35天), 然而春作於營養生長期間所累積之乾物質僅為60克左右, 較秋作少50克之多, 故以營養生長期之氣象環境而, 秋作較春作有利, 春作此段時間北部地區平均氣溫在 16-24℃之間, 月總日照時數小於60小時, 而秋作此段時間平均溫度在 27-29℃, 月總日照時數在 150-180小時之間, Duncan等 (1973) 及 Hunter (1980)指出玉米的產量常因溫度高低、日照長短, 雨量分布之多寡而發生變異, 北部地區春作氣溫及日照時數明顯的低於秋作, 尤其是日照時數偏低, 可能是造成生育緩慢及乾物質形成較少之主因。然而春作於子粒充實期, 氣溫由24℃逐漸升至29℃, 平均在25℃以上, 且每日日照時數由 3小時增加至約 8小時 (圖 3-1), 月累積日照時數亦增至 140小時左右, Jones 等(1981)指出玉米子粒充實期之適溫為30℃, 故此時段之氣候, 春作較有利於玉米之生育及乾物質之累積。子粒充實期總乾重之累積春作高於秋作, 且春作於此期間莖葉乾重仍有繼續增加之趨勢, 顯示葉部光合成物質之生產大於積儲器官之需求, 而累積於供源器官(圖 2-7)。秋作無此現象, 於子粒充實期莖葉乾重已不再增加

(如圖 2-6)，秋作子粒充實期之乾物質大部份皆轉變成為穗重。秋作穗行數較多(表 2-1)，故積儲容量較大，但因供源不足而常導致穗頂充實不良。Jones 等(1986)亦指出供源不足會導致玉米子粒充實不良，此現象可於子粒充實初期即發生，常產生穗頂部子粒退化之現象。

秋作子粒充實期東北季風較強，故其葉乾重於子粒充實初期即迅速下降(圖2-4)，隨著乾重之下降，葉部 N含量亦明顯下降 (圖 2-8)，故於子粒充實期其淨同化速率非常低僅 4.26$g.m^{-2}.day^{-1}$。顯示秋作子粒充實期，葉部光合成能力迅速下降，然而其積儲潛能卻仍然旺盛達 89$g.plant^{-1}$ (表 2-3) 故推論秋作產量之限制因素應為子粒充實期無源不足。

春作葉片氮及 TNC含量於雄穗抽出期明顯低於秋作，但至吐絲期差異已顯著降低；春作於成熟期葉部 TNC含量有急速下降之現象，秋作亦有此現象，唯幅度較少，推論春作葉部糖份之轉運較佳，此點與春作收穫指數較高之結果相符。稈部氮含量春秋二作間差異不大但 TNC含量之差異相當明顯，秋作稈部 TNC含量於子粒成熟時迅速下降此點與供源不足之推論相符。春作稈部 TNC含量於子粒充實期間急遽增加，且於成熟期稈部 TNC含量仍很高再由春作稈 TNC含量高於秋作等結果，與上述推論積儲不足相符，由於積儲不足，故葉部所形成之糖類累積於稈部故 TNC含量較高。

Evans (1972)認為 LAD與作物產量相關密切，本試驗期作間 LAI及 LAD之差異亦呈現此種關係，秋作 LAI及 LAD皆明顯高於春作，故秋作產量較高，但春秋二作產量之差異僅 11.7 %，而二作 LAI及 LAD於成熟期之差異分別為 32.8 %，產量之差異未若 LAI及 LAD之差異明顯，此可能因春作於子粒充實期 NAR明顯的較秋作為高，因而彌補 LAI及 LAD之差異，由其 CGR之結果，春作於子粒充實期明顯的高於秋作之結果亦可間接說明此一現象。

春作生育初期發育較差，故不論總乾重物 (圖 2-7) LAI (圖 2-12) LAD (圖 2-13)皆較秋作差，然而春作於子粒充實期間 LAD及 NAR皆較秋作為高，顯示春作於子粒充實期供源潛能足夠，但積儲潛能較低僅 75.2g／plant，且有效充實期亦短 (15.5天) (表 2-3)，顯示春作積儲容積不足而為產量之限制。

故北部地區，春秋二期作玉米生育型態為：秋作玉米營養生長良好，然至子粒充實因氣候不良光合成能力降低以致供源不足，故乾物質之生產減少且子粒所分配之乾物質亦較少。

縱觀影響秋作最大的氣象因素，為子粒充實期間強烈季風使葉片受損，影響光合作用及光合成物之轉運，以致發育中子粒無法獲得足夠的光合成物質，導致子粒退化，盧等 (1985) 亦指出秋作玉米有最高的積儲強度潛能，故其產量之限制為子粒充實期供源強度潛能。故秋作玉米栽培改進之措施應

為增加雄穗抽出後有效葉面積，避免葉片破損，宜採行防風牆之設立或提早播種期以避免季節風害。而春作玉米產量之限制因子為雄穗抽出期以前，生育緩慢導致積儲器官發育較差。按 Frey (1981)指出玉米積儲器官之發育為雌穗抽出時及其後 2-3週之間，此時玉米本身之發育情形會影響積儲器官之發育，以及積儲潛能，故春作玉米栽培之改善措施，為加強營養生長期之管理，可將氮肥分施增加肥效促進營養生長，並於雌穗形成期增施氮肥，減少穗頂子粒退化以確定保積儲潛能。

氣象條件為人力所無法改變的，祇能調整種植時期來逃避逆境氣象，據曾等(1984)指出，台灣西北區作物栽培期限為 3月中旬至10月中旬，目前玉米之栽培制度下，需至11月中旬方能收穫，此時已非為栽培安全期限，此為秋作低產之主因。春作雖皆於安全期栽培，但由於前述春雨及日照不足亦使玉米產量受到限制。就本試驗結果雖然瞭解春作產量主要的限制因子為積儲容積，秋作為子粒充實期之供源活力。然而不論積儲容積及供源活力其所牽涉到之生理因素仍然相當多，諸如光合作用率，葉面積以及糖之轉運活力等皆可影響供源活力，而積儲容積則受雌穗分化期之生育狀態，授粉後胚乳細胞之分裂活力及細胞數目及養份之供給所影響。故仍需進一步探討其內在調節因子為何，方能究明產量之確實限制因子。

第 三 章

氮肥施用量及施用時期對玉蜀黍乾物質生產與分配之影響

范明仁・朱　鈞*

一、前　言

影響玉米產量最主要的生理因素爲供源強度，積儲強度及乾物質分配（Anderson 等，1984）。然供源或積儲何者爲產量限制之主因，則衆說云云尚無定論，如Allison 與 Watson（1966）及Goldsworthy 等（1974）認爲積儲大小爲玉米產量的限制因子，但 Sorrels 等（1978）認爲穗型不同，產量限制因子可能不同，單穗型產量之限制因子爲積儲大小，但多穗型則不然。在生長季節較長之地區，玉米產量之限制因子爲積儲（Hanway, 1962；Allison 與Watson，1966；Earley 等，1967；Prine, 1971；Goldsworthy 等，1974；Allison 等，1975；Hunter 等，1977）；反之於生長季節較短之地區，供源爲產量之限制因子（Hunter，1980）。

栽培管理會影響玉米乾物質生產與分配，玉米爲需肥量很高之作物，產量隨氮肥用量增加而增加（Balko 與Russell, 1980；Asghari 與Hanson, 1984；Tanaka 與Yamaguchi 1972），產量與葉片中氮含量及葉綠素含量呈正相關（Walburg 等，1982；Asghari 與Hanson, 1984）。光合作用速率亦與葉片中氮含量有關（Ryle 與Hesketh，1969）。於子粒充實期增加葉部還原態氮濃度可減緩葉片老化，延長子粒充實期而增加產量（Swank 等，1982）。而且氮肥用量會影響玉米乾物質之分配（Anderson 等，1984），以及促進蔗糖輸送速率，而有助於子粒乾物質之累積及粒重之增加（Tsai, 1980）。

氮肥施用時期亦會影響玉米乾物質生產及分配，如將全量氮肥於基肥時施用，可促進玉米的營養生長，若於中耕期施用，則可提高收穫指數而使子粒產量增加（Bigeriego等，1979）。於生育中期，此時植株根系健全，對氮肥之吸收及轉運較佳，故Bigeriego等（1979）認爲氮肥宜晚施。Harold（1984）亦認爲於子粒充實期，給予充足的氮肥及合宜的灌溉可增加玉米產量。

故氮肥施用量及施用時期對玉米乾物質生產、分配以及產量影響很大，因此本試驗的目的乃藉用不同的氮肥管理，以探討玉米於不同氮肥用量及施用時期下，乾物質之累積及於積儲與供源間分配之差異，藉以爲栽培方法改進之依據。

* 作者爲桃園區農業改良場副研究員，國立台灣大學農藝學系教授

二、材料與方法

(一)氮肥用量試驗：

試驗採用單交玉米台農 351 號，於民國 74 年 8 月 16 日（秋作）及 75 年3月13日（春作）播種於桃園縣新屋鄉台灣省桃園區農業改良場試驗田。播種時每穴二粒種子，出土後十天間拔爲 1 株，行株距離爲 70 × 25 cm，施肥量爲磷肥使用過磷酸石灰 450 kg／ha，鉀肥使用氯化鉀 150 kg／ha，氮肥使用硫酸銨，其用量分三種處理分別爲 250 kg／ha（52.5 kg／ha－N），500 kg／ha（105 kg／ha－N），1000 kg／ha（210 kg／ha－N），並以其一半量與上述磷肥鉀肥充分混合做爲基肥，另一半則於抽穗前二週充做追肥施用。播種時施用加保扶以防地下害蟲，生育期間進行中耕培土一次，並施用一品松以防治玉米螟蟲一次。試驗採逢機完全區集設計，重複四次。

秋作試驗於播種後20天起，每隔 7 日採樣一次，每次自小區內取 4 株，四重複共計 16株，自地表部割下後量其株高，並區分爲葉及稈二部份，如有雌穗時亦將雌穗分別取下於 85℃下烘乾 5 天，稱量各部分之乾重後磨粉，再進行非構造性碳水化合物（Total nonstructural carbohydrates，簡稱TNC）及總氮素含量之測定。分析方法係先取 50 個樣品測定其TNC之含量，測量方法仿 Smith（1969）法，稱取適量（50～400 mg）樣品，以 0.5 % takadiastase（“clarase 40,000”，Miles Laboratories Inc, U.S.A. 農試所劉大江博士所贈）於 40℃水解 44 小時，再以Shaeffer-Somogyi copperiodometric titration method 定量，另總氮素含量係以 semi-micro Kjeldahl 方法測定，再將此50樣品之化學分析數值輸入近紅外線分析儀(NIR, Neotec Model 102 Near-Infrared Analyzer, Pacific Scientific U.S.A.)並將這些樣品置於近紅外線分析儀樣品槽內，以獲得合適的波長及其係數，再以NIR所得之值與傳統化學分析值行相關性測驗，當r^2值高於 0.9 時方進行其他材料之分析。

75 年春作試驗，設計及處理與 74 年秋作完全相同，唯採樣日期改自雄穗抽出後一週起開始，每隔 1～2 週採樣一次，樣品之調查亦與 74 年秋作相同。

(二)氮肥施用時期試驗：

試驗採玉米台農 351 號，栽培管理同上述，唯氮肥施用量爲硫酸銨 1000 kg／ha（210 kg／ha－N），並使用四種不同氮肥施用時期處理，分別爲：

M 1 ：基肥¼，齊膝期½，雄穗抽出前一週¼。
M 2 ：基肥¼，齊膝期¼，雄穗抽出前一週½。
M 3 ：基肥½，雄穗抽出前一週½。
M 4 ：基肥½，齊膝期¼，雄穗抽出前一週¼。

試驗使用逢機完全區集設計，四重複，每小區40平方公尺，採樣及調查方法同上述。

三、結　果

㈠不同氮肥用量對玉米產量及乾物質生產與分配之影響：

(1)株高：

不同氮肥用量對玉米株高之影響（如圖1），不論春作或秋作若僅供給硫酸銨250公斤／公頃（以下簡稱N_1處理）者，株高皆最低，而且其影響始於生育初期，於1985年秋作，N_1處理者，於播種後20天起，株高即明顯的少於其他二處理，整個生長季中除了第69天及成熟後期因強風將部分雄穗吹掉，致使誤差較大外，低氮用量株高明顯下降，然而硫酸銨公頃用量500公斤（以下簡稱N_2處理）與公頃用量1000公斤（以下簡稱N_3處理），二處理間株高差異不顯著。

(2)葉乾重：

氮肥用量對葉乾重之影響如圖2，秋作N_1處理者，葉乾重於生育初期至雄穗抽出期（播種後63天），春作於吐絲期後二週至成熟期，皆明顯的少於N_2及N_3處理，低氮肥用量下植株有矮化且發育不良及葉片變黃，葉乾重減少之現象。

期作間葉乾重亦有明顯的差異，秋作比春作高，秋作葉重於雄穗抽出期達最高點，其後則逐漸下降，但春作如N肥供給充足，則葉乾重於雄穗抽出後仍可逐漸增加，直至成熟末期才減少，但如N肥供給不足，則於雄穗抽出後三週起即迅速減少。

(3)稈乾重：

不同氮肥用量對玉米稈乾重之影響如圖3，N_1處理者於整個生育期內稈乾重明顯的低於N_2及N_3處理者，尤其於雄穗抽出時期最爲明顯，但N_2及N_3二處理間差異較小，N_3處理者稈乾重比N_2處理爲高。N_2與N_3處理稈乾重之差異，在秋作爲1至4 g，於春作差異較大，爲1至10 g左右，期作間稈乾重之累積量很少，此可能因N素供給不足，減少其供源，致使乾重之增加很少，而N_2及N_3處理者，於雄穗抽出後稈乾重仍繼續直線增進至成熟期末期。然秋作各處理者稈乾重於雄穗抽出後1週起，即不再增加，至雄穗抽出3週後，稈乾重反而減少。期作間稈乾重之差異較少，但春作稈乾重較秋作少10 g左右。

(4)穗乾重：

如圖4可知穗乾重累積有一遲滯期（lag phase），秋作此期間爲播種後63至69天，於春作則於播種後77至94天，此期間穗乾重並未增加，過了此期後則穗乾重即呈直線累積方式增加，各處理間其累積速率不同，但皆以N_3最大而N_1最

小，N_3 與 N_2 處理間其差異不顯著，然 N_2 與 N_1 處理間差異顯著。

期作間 N_3 處理之穗乾重並無差異，但 N_2 及 N_1 處理者其穗乾重春作明顯的低於秋作，故 N_2 及 N_1 處理或整體上春作之產量低於秋作，但於春作若N肥充足，管理得宜，則其產量之潛能與秋作相若。

(5)總乾重與莖葉重之比較：

各處理總乾重之累積曲線如圖5，不論期作，處理間總乾重仍以 N_1 處理最少，尤其於春作與 N_2 及 N_3 處理差異極大，而營養器官之乾重雖有差異，但未若總乾重如此明顯，故生育初期如氮肥供給不足時，對生殖生長之影響比對營養生長之影響爲大，即供源不足時，將影響積儲器官之發育，以及積儲器官對乾物質之累積，是故營養器官之能否充足的發育，將會影響至積儲器官之發育及乾物質之累積。期作間乾物質之累積及分配型式亦有差異，於秋作莖葉之乾物質於雄穗抽出後即不再增加，反而逐漸下降，但總乾物重仍不斷的直線增加；春作莖葉之乾物質於雄穗抽出後仍繼續增加，直至收穫前一週才減少。而其總乾物質之增加，亦於成熟前一週停止增加。

(6)葉部氮含量之變化：

葉部氮含量在生育初期較高，隨著生育期間之增長葉部氮含量逐漸下降，至成熟末期更急遽下降。各處理間葉部氮含量之變化如圖6，處理間差異顯著，N_1 處理者在整個生育期間其葉部氮含量明顯較低，顯示 N_1 處理者玉米處於缺氮狀況下，N_2 與 N_3 處理於生育初期葉部氮含量差異不大，但於吐絲期後不論秋或春作 N_3 處理者，其葉部氮含量皆比 N_2 處理爲高，故較高的氮肥用量可使玉米葉部於生育後期仍含有較高的氮含量。

(7)葉部TNC含量之變化：

葉部TNC含量於幼苗期較高，其後迅速下降，至雄穗抽出前二週起保持水平狀不再增減，處理間葉部TNC含量之變化如圖7，N_1 處理者爲最低，尤以雄穗出現前4週起至雄穗抽出期，N_1 處理顯著的爲低，但於生育後期各處理間其TNC含量並無差異。另 N_2 及 N_3 二處理在整個生育期間差異不大，故氮肥供給量主要之影響爲葉片內氮含量，對葉部TNC含量影響較少，另 N_1 處理者可能因缺氮引致生理機能不正常，而使其葉部TNC含量亦間接受到影響。

(8)稈部氮含量之變化：

植株於生育初期稈部氮含量較高，隨著生育逐漸下降，其中以生育初期至雄穗抽出期下降較速，雄穗抽出後仍會下降但不明顯（圖8）。處理間稈部氮含量在生育初期差異不大，但於雄穗抽出期及吐絲期有明顯的差異，於秋作 N_1 處理最少而 N_2、N_3 二處理稈氮含量較高，但於成熟末期，N_1 處理稈氮含量反比 N_2，N_3 處

理爲高，於春作情形恰好相反，於雄穗抽出後處理間差異不大，但於成熟末期則N_1處理稈氮含量顯著減少。

(9)稈部TNC含量之變化：

稈部TNC含量顯著的比葉部爲高（圖9），稈TNC含量之變化情形與葉部不同，於生育初期稈TNC含量較低但隨著生育時期之加長而增加，於雄穗抽出時達最高峯，子粒充實期間則維持水平，一般而言，處理間稈部TNC含量各處理間差異不大。

(10)穀粒產量：

不同氮肥施用量處理間其穀粒產量於春作或秋作皆達顯著，N_1處理者產量最低，N_3處理者產量最高（表1），於秋作各處理間農藝性狀中，百粒重及每穗行數並無差異，主要的差異在每穗行粒數，差異達顯著水準，致使每穗總粒數有所差異，以N_3處理者爲最高，而N_1處理者最低。每穗行粒數差異之主因乃在穗頂充實之良否，於N_1處理者，穗頂不充實情形較N_3處理者嚴重。造成充實不良之原因很多，但供源不足造成穀粒間養分競爭，致使穗頂充實不良爲一主因。

於春作各處理農藝性狀之差異很大，N_1處理者不論穗長、穗行數、行粒數皆顯著的較其他二處理爲少。但各處理之百粒重則無差異，故N_1處理產量較低之原因，主爲其積儲不足，即其於子粒充實期之前有部分子粒已退化，導致子粒數減少，故產量降低。

(二)氮肥施用時期對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

於秋作各處理總乾重累積之差異情形如圖10，M_3、M_4處理基肥所施用之量爲M_1、M_2處理之2倍，於時期3（第12片葉片葉環出現）可看出M_3、M_4與M_1、M_2之差異，顯然的M_3、M_4乾物質生成量於時期3較M_1、M_2爲佳。且此種情形繼續維持至營養生長末期，雖然M_1、M_2於時期2（第8片葉片葉環出現）後皆施用追肥，但因其初期生育較差，仍然無法趕上M_3、M_4之發育，M_4於營養生長期間所施入氮肥最多，營養生長亦最佳，由圖10可知M_4處理，總乾重至時期5（即吐絲期）皆最高，而同等施肥量之M_1處理由於施肥時期不同，其莖葉乾物質生產之量與M_4有明顯的差別，M_1處理於生育初期生育尚良好，但追肥之施用反而沒有增進生育之現象，其生育在時期4第（16片葉片葉環出現）以後反而較差，顯示所施入之追肥氮含量太高，對生育不但沒有助益反而有不良的反應。M_2處理基肥用量較少，僅25%，另施追肥25%，由圖10顯示此種施肥方式之組合尚佳，其莖葉乾重於生育初期雖然較差，但植株之發育於時期3已能追上M_4處理，M_3處理於基肥施用50%氮肥，在營養生長期莖葉乾重尚稱良好，與M_4及M_2處理間無明顯的差異，但可節省一次施肥之工作。另由圖11顯示M_3處理由於穗肥施用50%之氮肥量，故其初期穗乾重之增加情形最爲迅速，故就莖葉之發育所需氮肥以50%之量已足，另50%之氮肥

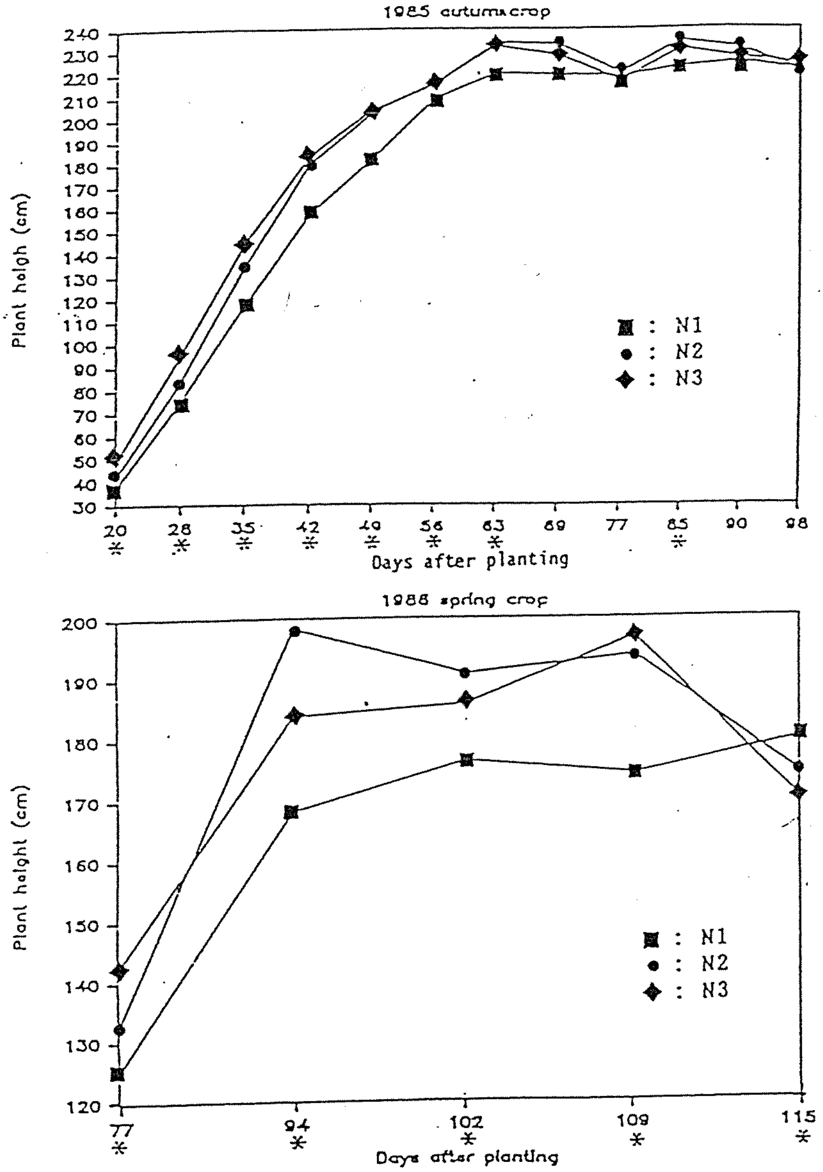


圖 1 : 氮肥用量對玉米生育期間株高之影響 .
註 : * : 達 5% 顯著
N1 : 硫酸銨 250 kg/ha .
N2 : 硫酸銨 500 kg/ha .
N3 : 硫酸銨 1000 kg/ha .

Fig 1 : Effects of N-fertilizer levels on the plants height of corn at various stages of development.

note: N1: 250 kg/ha, N2: 500 kg/ha, N3: 1,000 kg/ha ; all in the from of ammonium sulfate.
*:Significantly different at 5% level between treatment.

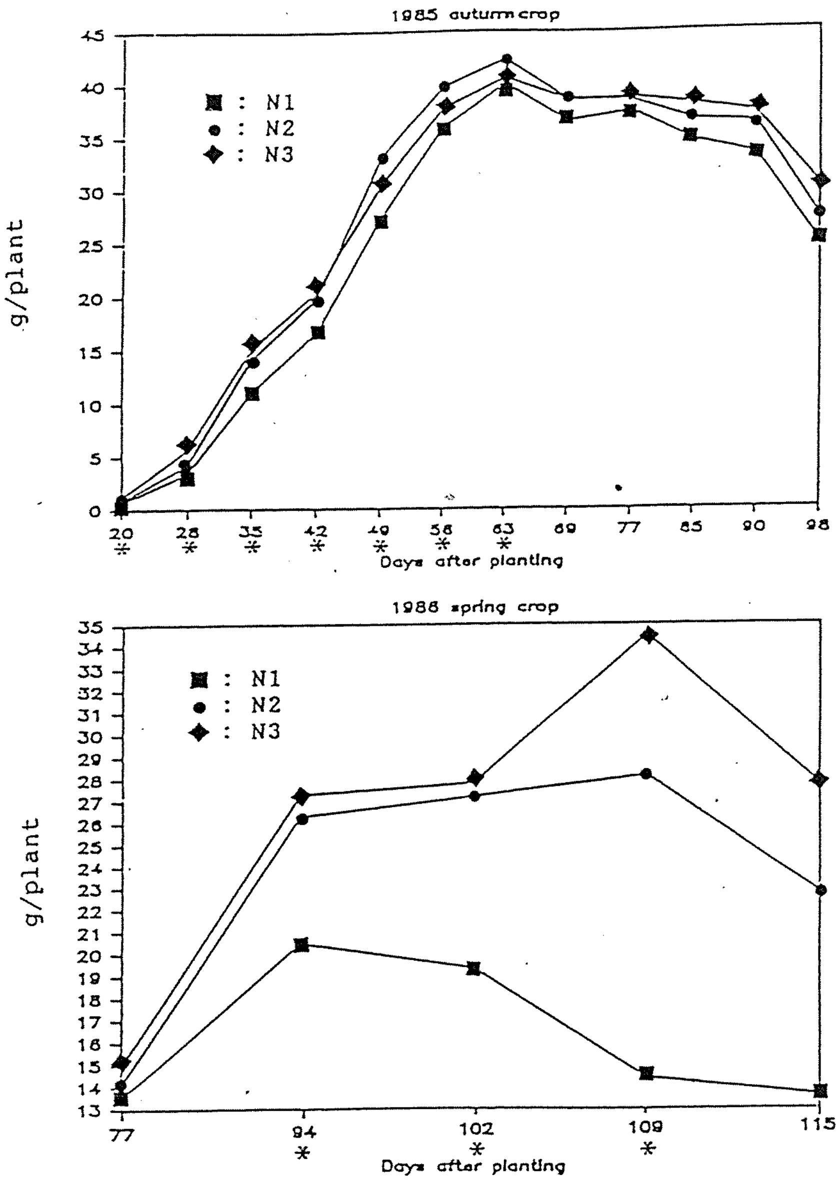


圖　　2 ：氮肥用量對春,秋二期作玉米葉乾重增進之影響.
每點為 32 個樣品之平均值 . 有 * 號者表示處理間
平均值差異達顯著水準 .

Fig　　2 : Effects of N-fertilizer levels on the leaf dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

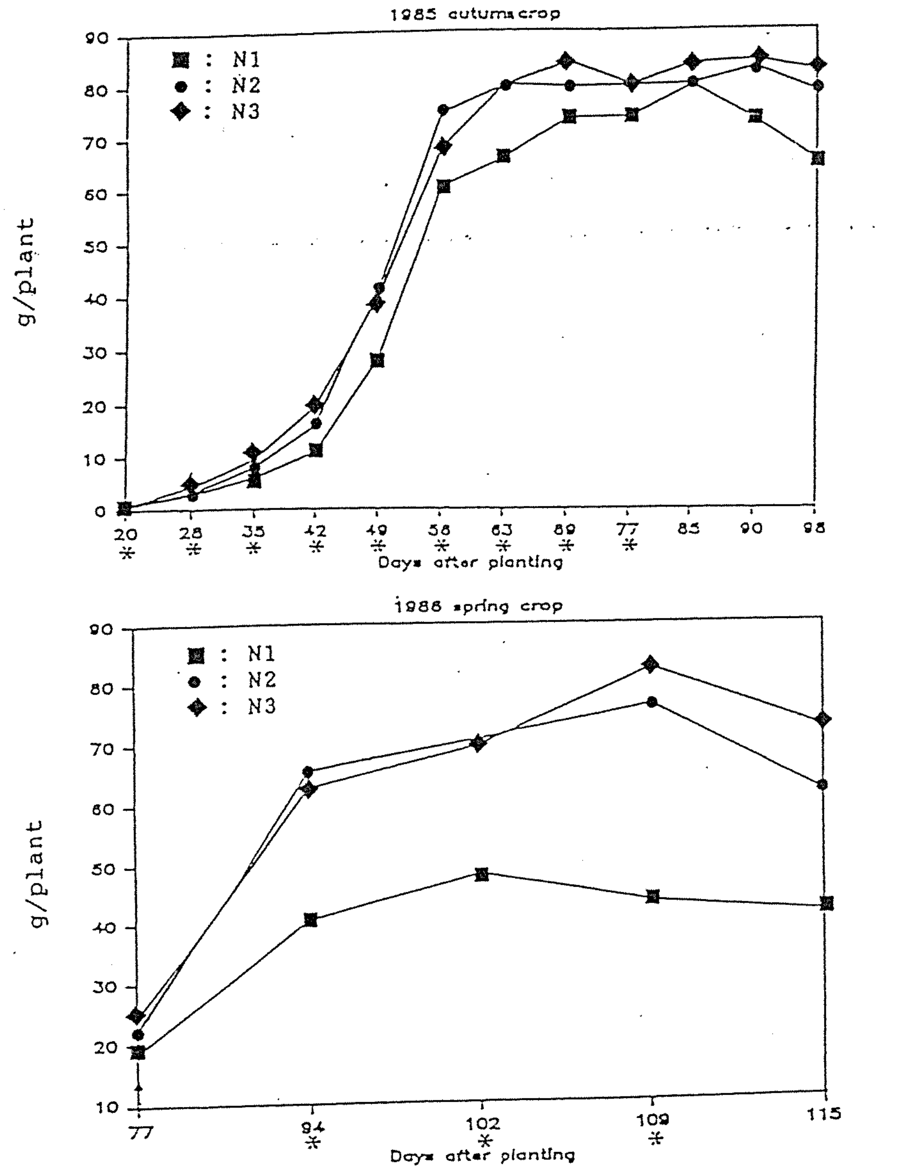


圖　3 ：氮肥用量對玉米春,秋二期作稈乾重增進之影響。

Fig　3 ： Effects of N-fertilizer levels on the stalk dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

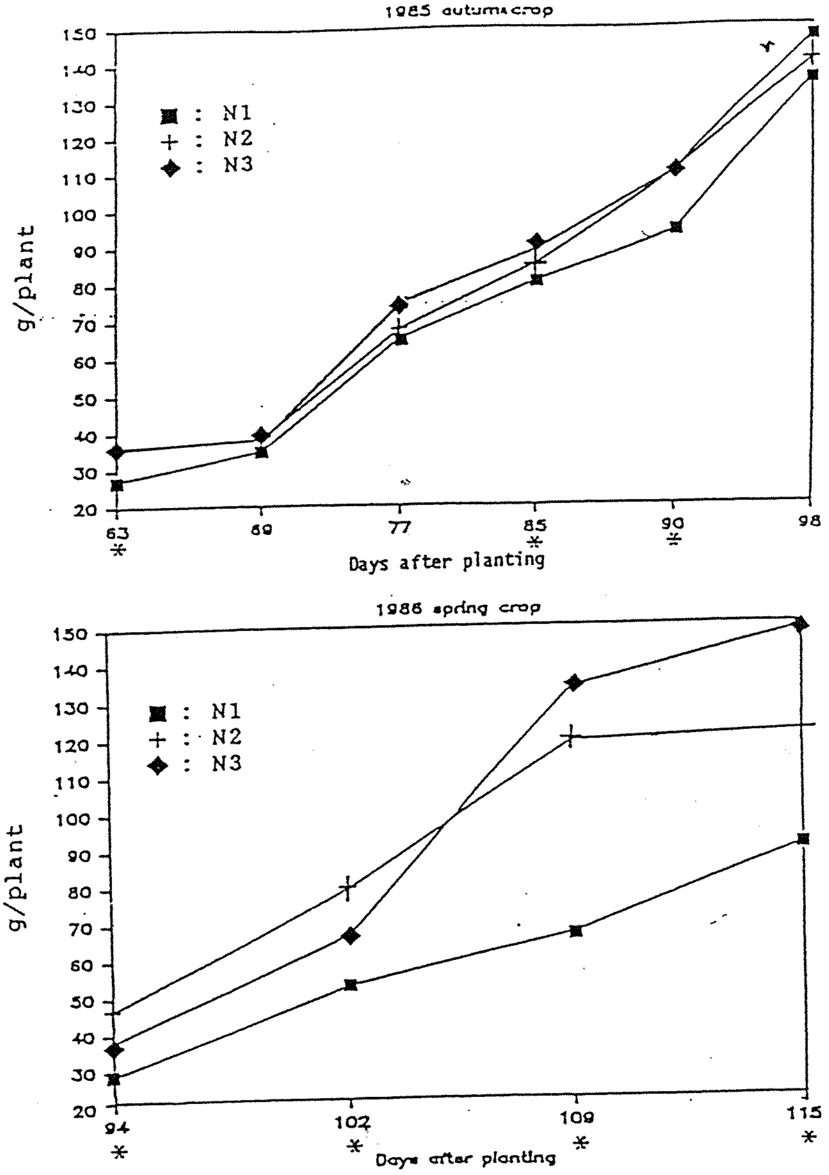


圖 4：氮肥用量對玉米春，秋二期作穗重增進之影響。

Fig 4 : Effects of N-fertilizer levels on the ear dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

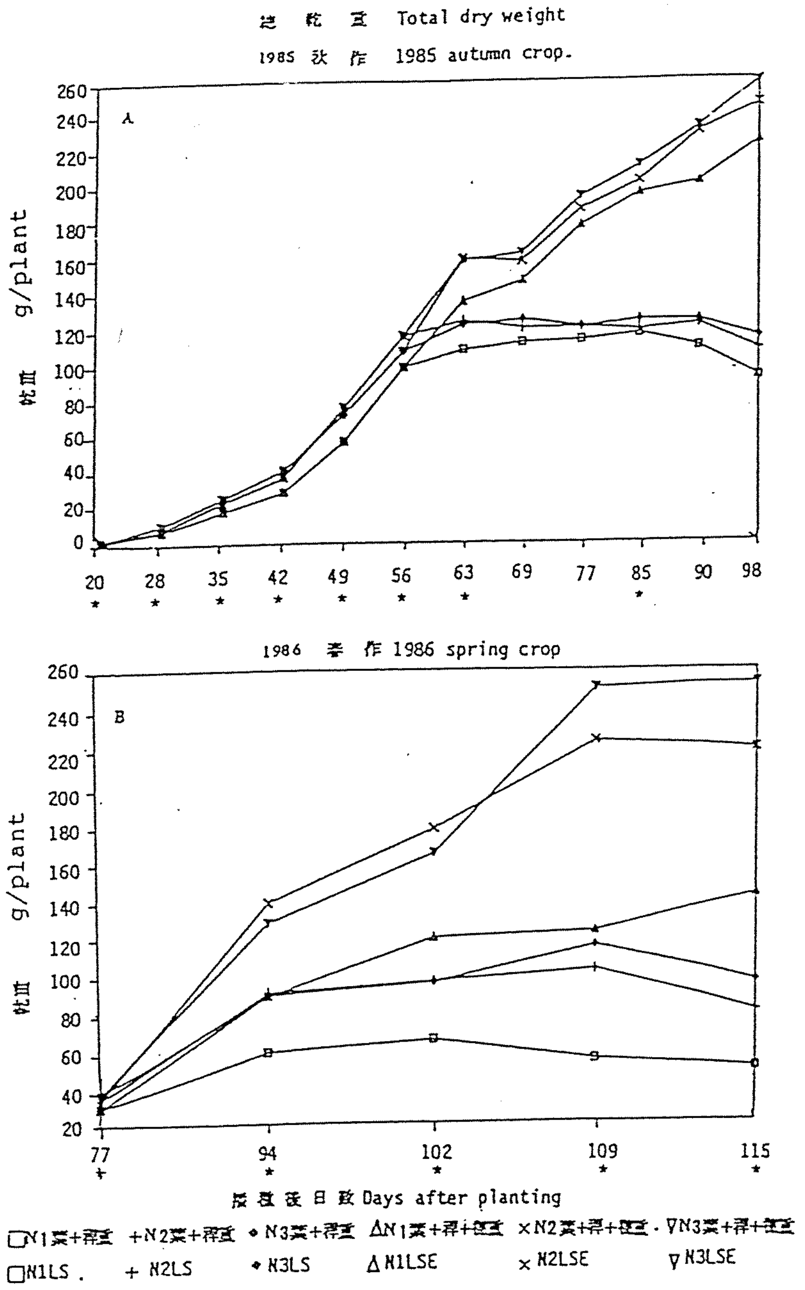


圖 5：氮肥用量對玉米春，秋二期作總乾重增進之影響.

N1 ： 硫酸銨 250 kg/ha .
N2 ： 硫酸銨 500 kg/ha .
N3 ： 硫酸銨 1000 kg/ha .

Fig 5 : Effects of N-fertilizer levels on the dry weight of whole corn plants grown in autumn and spring crop seasons.
note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

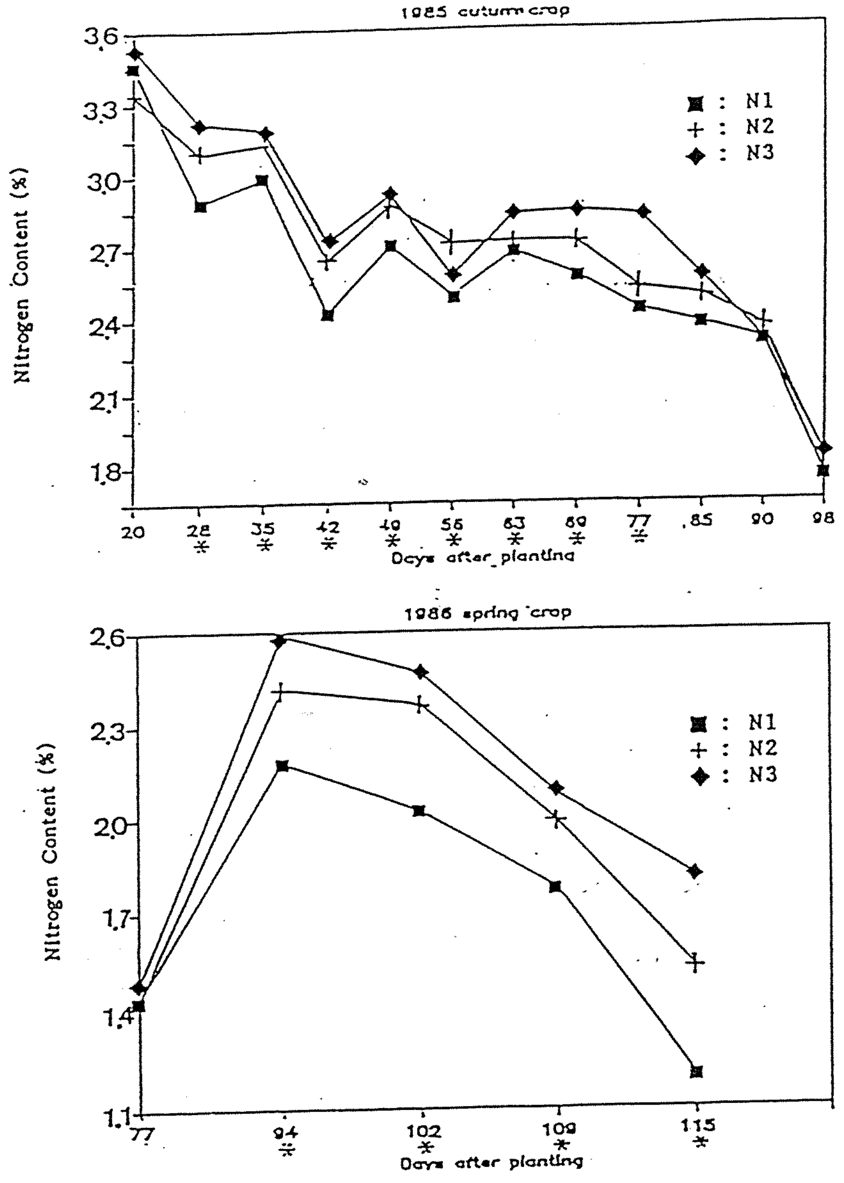


圖 6：氮肥用量對玉米春，秋二期作葉部氮含量之影響．每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準．

Fig 6 : Effects of N-fertilizer levels on leaf nitrogen content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

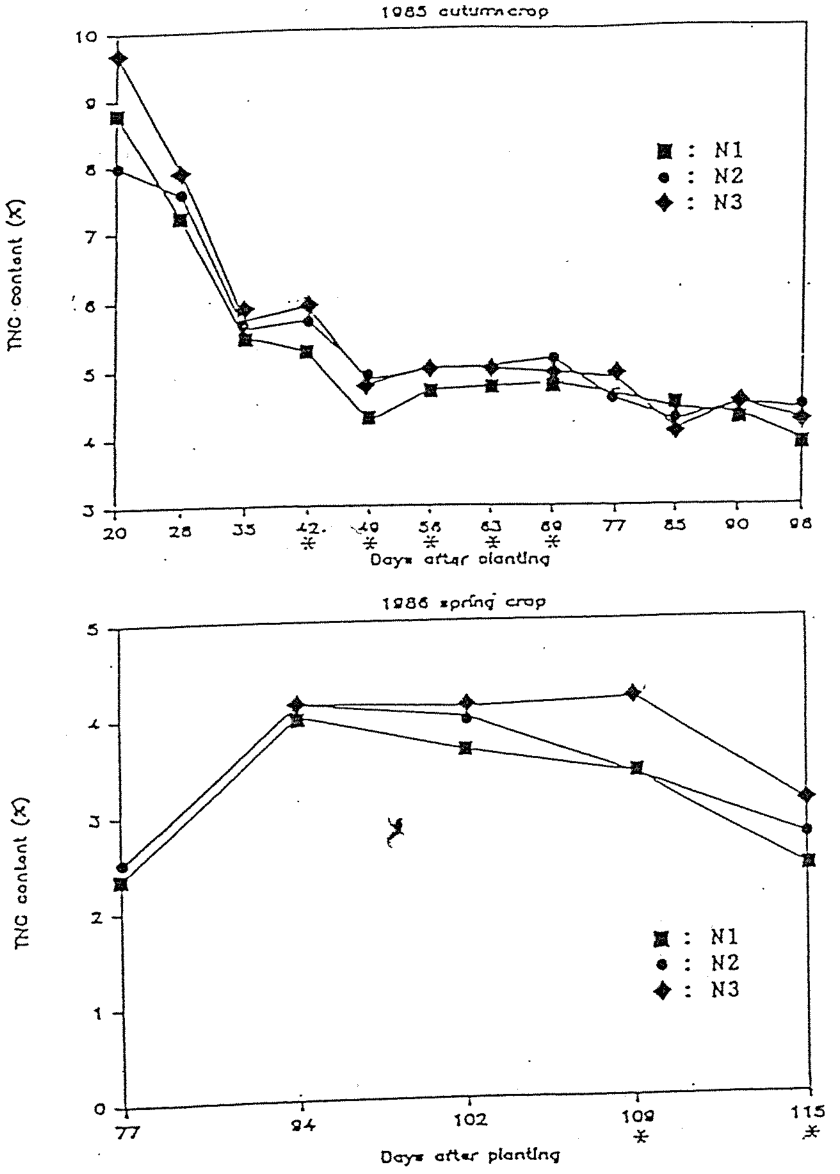


圖　　7：氮肥用量對玉米春，秋二期作葉部 TNC 含量之影響．
每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間
平均值差異達顯著水準．

Fig　　7　: Effects of N-fertilizer levels on leaf TNC content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

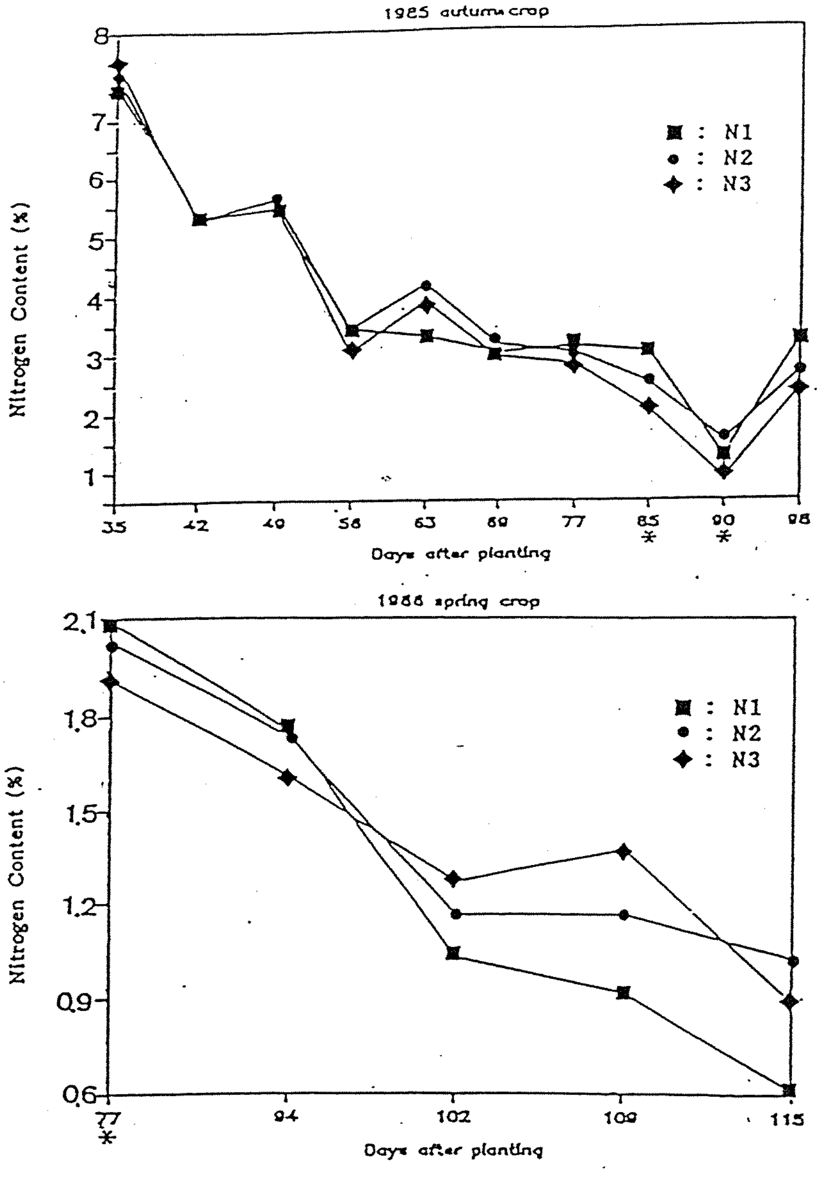


圖 8：氮肥用量對玉米春，秋二期作稈部氮含量之影響．
每點為 32 個樣品之平均值 ．有 * 號者表示處理間
平均值差異達顯著水準 ．

Fig 8 : Effects of N-fertilizer levels on stalk nitrogen content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

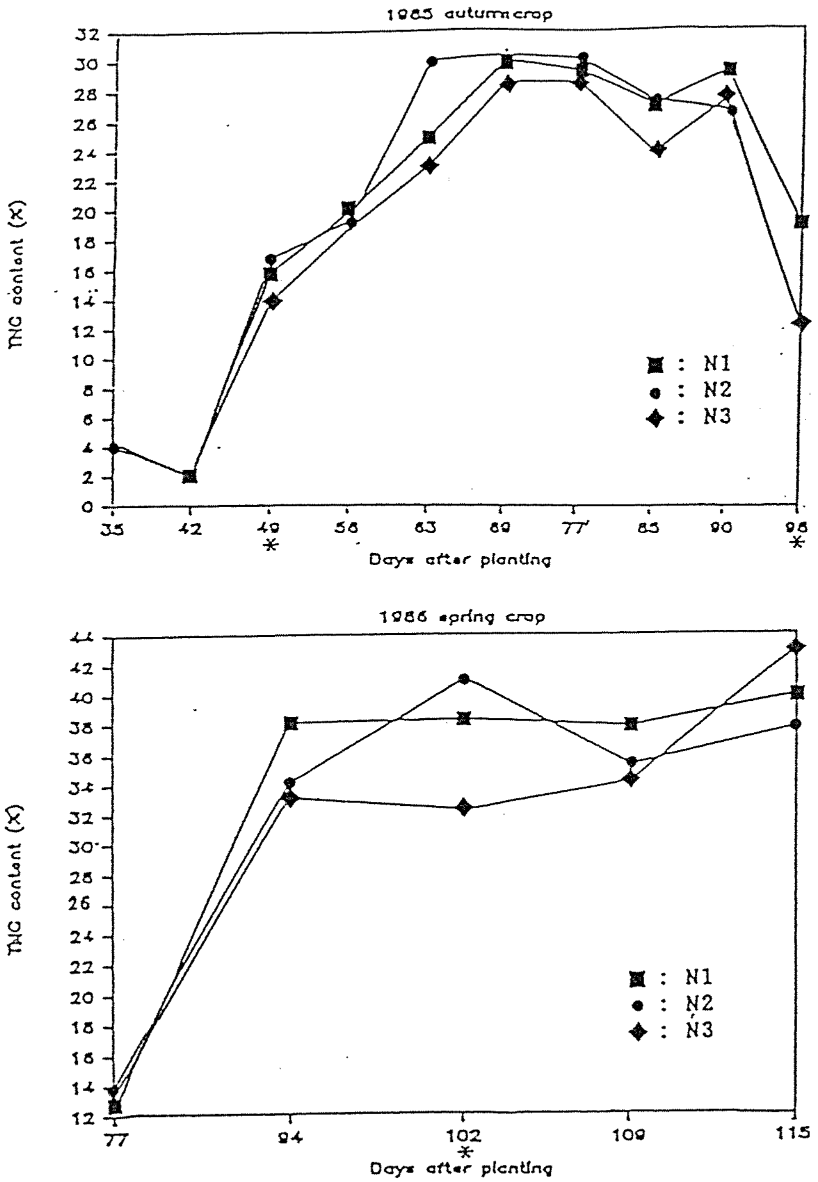


圖 9 ： 氮肥用量對玉米春,秋二期作稈部 TNC 含量之影響．
每點為 32 個樣品之平均值 ．有 * 號者表示處理間
平均值差異達顯著水準 ．

Fig 9: Effects of N-fertilizer levels on stalk TNC content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

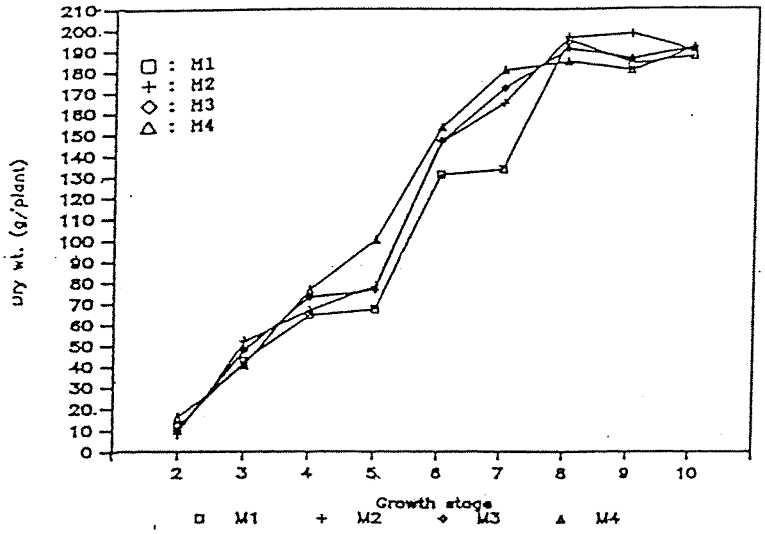


圖 10：氮肥施用時期對玉米總乾重累積情形之影響（七十五年秋作）

Fig. 10: Effect of timing of fertilization on the dry weight of whole corn plants grown in the autumn crop of 1986.
See Table 1 for description of fertilization methods.

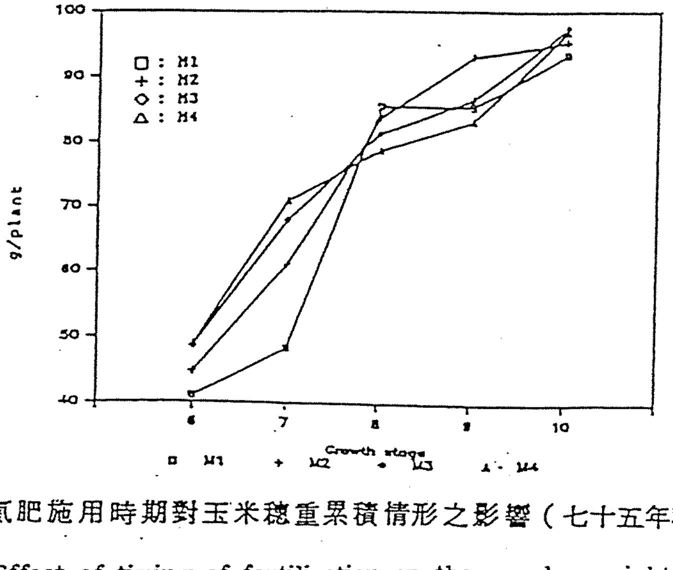


圖 11：氮肥施用時期對玉米穗重累積情形之影響（七十五年秋作）

Fig. 11: Effect of timing of fertilization on the ear dry weight of corn plants grown in the autumn crop of 1986.
See Table 1 for description of fertilization methods.

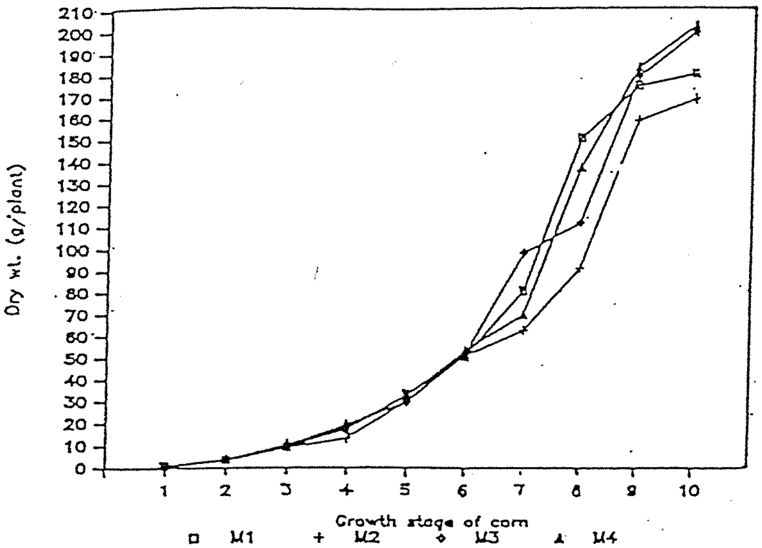


圖 12：氮肥施用時期對玉米總乾重累積情形之影響（七十六年春作）

Fig. 12: Effect of timing of fertilization on the dry weight of whole corn plants grown in the spring crop of 1987.
See Table 1 for description of fertilization methods.

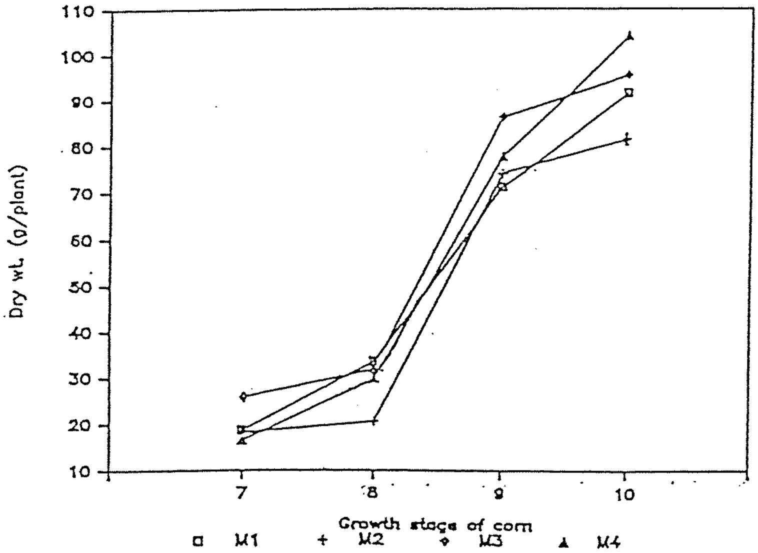


圖 13：氮肥施用時期對玉米穗重累積情形之影響（七十六年春作）

Fig. 13: Effect of timing of fertilization on the ear dry weight of corn plants grown in the spring crop of 1987.
See Table 1 for description of fertilization methods.

用量充做穗肥可促進初期穗乾重迅速之增加，另就穗乾物重之累積情形（圖10），M_3處理於營養生長期其穗乾物重處於中等；但於生殖生長期，其穗乾重迅速增加，至成熟期反比其他各處理高。就其各項農藝性狀而言（表2），M_3處理子粒產量最高，較慣行法M_4處理可增產17.5％，且差異達顯著水準，其高產之主要原因爲百粒重較高，較對照處理（M_4）增加2.1g（12.9％）左右，另穗行數，行粒數皆較對照處理佳（表2）。但子粒內粗蛋白質含量則較M_4爲低，此可能因M_4處理子粒較小，導致子粒粗蛋白質含量較高。就穗之發育情形，初期M_4最佳，蓋因M_4處理在穗發育時期所施入之總氮肥量最多，但因其穗肥僅施用25％，故穗乾重累積之速度反而不若M_2，M_3處理，故產量最低。

於春作各處理營養生長期，穗乾物質累積情形如圖12，於時期4仍可發現M_3、M_4處理乾物質生成量較M_1、M_2爲多，尤其M_2處理在雄穗抽出期莖葉乾重明顯較其他處理爲低，此乃因M_2處理基肥僅施用¼氮肥，較M_3、M_4處理爲低。M_1處理雖然基肥亦僅施¼氮肥，但追肥施½氮肥故生育中期時其生育已與M_3、M_4無差異，M_1、M_4處理於齊膝期分別施用½氮肥及¼氮肥，故於吐絲期莖葉乾重明顯增加，尤以M_1處理最爲明顯（圖12），就穗乾重而言其中M_2、M_3二處理穗肥皆施用½氮肥，但M_2處理因營養生長期發育較差，故大量穗肥施用之效果並不明顯，雖然在時期8～9（即子粒直線充實期）子粒充實速率仍佳，但至時期10（成熟期）穗乾重增

表 1：氮肥施用量對玉米農藝性狀之影響

Table 1: Effect of levels of N fertilization on the agronomic characters of corn

Item	Levels of Ammonium Sulfate (kg/ha)		
	250	500	1,000
	Autumn Crop, 1985		
Ear Length (cm)	12.58 b[‡]	13.37 b	14.61 a
Row No. per Ear	15.0 b	15.4 a	15.7 a
Kernel No./Row	25.8 b	26.0 b	26.3 a
100-Kernel-Wt. (g)	26.86 a	28.21 a	28.04 a
Kernel TNC (%)	72.2 a	74.9 a	75.7 a
Kernel Protein (%)	10.7 a	10.5 a	10.1 a
Kernel Yield (t/ha)	4.63 b	4.99 a	5.05 a
	Spring Crop, 1986		
Ear Length (cm)	14.69 b	16.31 a	17.31 a
Row No. per Ear	14.3 b	15.0 a	15.3 a
Kernel No./Row	31.3 b	38.4 a	40.8 a
100-Kernel-Wt. (g)	17.64 a	17.65 a	17.23 a
Kernel TNC (%)	70.4 a	71.7 a	71.7 a
Kernel Protein (%)	11.4 b	13.2 a	14.2 a
Kernel Yield (t/ha)	2.92 b	3.45 b	4.30 b

‡Means followed with same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表 2 ：氮肥施用時期對玉米農藝性狀之影響（秋作，1980）

Table 2: Effect of fertilization methods on the agronomic characters of corn (Autumn crop, 1986).

農藝性狀 Character	氮肥施用法 Code of Fertilization Method*			
	M1	M2	M3	M4
穗行數 Row No. per Ear	14.2[a]	14[a]	14.1[a]	13.8[a]
行粒數 Kernel No. / Row	27.7[a]	27.9[a]	28.3[a]	28.1[a]
百粒重 100-kernel-wt. (g)	17.1[a]	17.8[a]	18.4[a]	16.3[b]
子粒非構造性碳水化合物含量 Kernel TNC (%)	69.4[a]	70.5[a]	67.2[a]	72.8[a]
子粒蛋白質含量 Kernel Protein (%)	11.9[a]	12.2[a]	12.0[a]	12.7[a]
產量 Kernel Yield (t/ha)	3.02[ab]	3.12[a]	3.27[a]	2.78[a]

* Fertilization method: 1,000kg of ammonium sulfate applied in the following ways:

M1: 25% basal and 2 sidedressings of 50% and 25% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

M2: 25% basal and 2 sidedressing of 25% and 50% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

M3: 50% basal and 50% sidedressing at one week before tasseling.

M4: 50% basal and 2 sidedressing of 25% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

** Means followed with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

進速率明顯下降，可能因積儲不足所至，M_3 處理亦有類似之情形，時期 8～9 充實速率佳但時期 10 速率減緩，此可能爲積儲不足之故。M_1 及 M_4 其穗肥僅施用¼氮肥，但其穗發育情形相當良好（圖 13），並未受限，而 M_1、M_4 初期所施氮肥較 M_2、M_3 爲多，故其積儲器官發育較佳，亦即積儲容積較爲充足。M_4 乾物質之分配情形較佳，故穗重較大且產量高（表3），M_4 處理因每行子粒數較多，穗重大因而產量較高，M_1、M_2 雖然穗乾物重較小，但因乾重之減少主爲莖葉乾重故產量亦佳，M_1 處理每穗行數最多，此爲其產量較高之主因。

表 3 ：氮肥施用時期對玉米農藝性狀之影響（春作，1987）

Table 3: Effect at fertilization methods on the agronomic characters of corn (Spring crop, 1987).

農藝性狀 Character	氮肥施用法 Code of Fertilization Method*			
	M1	M2	M3	M4
穗行數 Row No. per Ear	14.2[a]	14[a]	14.1[a]	13.8[a]
行粒數 Kernel No. / Row	29.1[a]	27.4[b]	28.3[b]	30.6[a]
百粒重 100-Kernel-wt. (g)	17.3[b]	21.9[a]	16.6[b]	17.1[b]
子粒非構造性碳水化合物含量 Kernel TNC (%)	61[a]	61[a]	60[a]	55[a]
子粒蛋白質含量 Kernel Protein (%)	11.8[a]	11.6[a]	11.5[a]	11.2[a]
產量 Kernel Yield (t/ha)	3.02[a]	2.80[a]	2.92[a]	3.04[a]

* Fertilization methods describe as Table 1.

** Means followed with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

四、討　論

(一)不同氮肥用量對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

N_1 處理於雄穗抽出前植株總乾重已明顯較其他二處理爲低（圖 5 ），就其產量構成因素亦可看出，不論穗行數或行粒數皆明顯較小（表 1 ），故於生育初期氮肥之施用與積儲容積之形成有關。Balko 和 Russell （ 1980 ）; Kampruth 等（ 1982 ）; Anderson 等（ 1984 ）亦認爲氮肥與積儲容積之形成有關，尤其是多穗型玉米於氮肥充足下可使穗數增加而使產量提高。就 N_2 、 N_3 二處理而言，在營養生長期乾物重並無明顯差異，但於子粒充實期間 N_2 處理葉重（圖 2 ）明顯少於 N_3 處理，稈重（圖 3 ）差異較小，但亦以 N_2 處理較少。就產量構成因素而言， N_2 處理之穗行粒數及行數較少，故產量較 N_3 處理爲低（表 1 ）。於春作 N_2 處理與 N_3 處理行粒數差異較大此歲點顯示氮肥不足時，易導致台農 351 穗頂充實不足。就百粒重而言，各處理間差異不大，秋作在 26 ～ 28 g 左右，春作在 17 g 左右，但各處理間差異不顯著。此點與 Peaslee （ 1977 ） 指出氮肥對子粒數影響較大對百粒重影響較小之結果相同，但

Tsai（1980）認爲氮肥可提高玉米粒重，因氮肥可促進蔗糖輸送速率，有助於子粒乾物質之累積及粒重之增加，但本試驗中百粒重與氮肥用量並無明顯相關，但就穗乾重增進情形（圖4），氮肥用量高者穗重累積較快。

就試驗結果發現氮肥對積儲容積發育之影響較大，氮肥不足子粒數明顯減少但對百粒重影響較小，氮肥對葉部氮含量之維持有相當大之作用，氮肥充足葉部老化較慢（圖6）可能爲增產之主要因素，另氮肥與稈部TNC含量有負相關，故氮肥可能會促進稈部蔗糖轉運出供穗部發育之用。

(二)氮肥施用時期對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

本試驗之構想是起源於水稻栽培時日人松島省三所提出之V字型施肥法，在玉米栽培上Bigeriego等（1979），認爲氮肥宜於中耕時施用，Harold（1984），Below等（1981）及Swank等（1982），則強調子粒充實期氮肥供給之重要性，故於不同之土壤及氣候條件下，氮肥最合適之供應時期應有不同，本省一般推薦的方法爲50％氮肥於基肥時施用，另25％氮肥於中耕時施用其餘氮肥於雄穗抽出時施用，依此需分三次施肥相當費工，且是否合宜亦有待探討。

依本試驗結果秋作以基肥施用50％氮肥另50％氮肥於雄穗抽出時施用產量最佳，其次則爲基肥25％，追肥25％，穗肥50％次之。由此可見凡以50％氮肥充做穗肥施用者產量皆可較高，亦即大量的穗肥爲秋作玉米高產之必要條件，此點與Below等（1981）及Swank等（1982）之結論是相同的，由表2得知M_3、M_2處理高產之主要原因即爲百粒重較高以及穗行粒數較多之故。由總乾重之增進情形（圖10）亦可看出M_4處理總乾重於時期7達最高點（此時期爲黃熟初期）後即不再增加，再由表2 M_4處理百粒重最低，可看出M_4處理積儲器官之發育並未受限，但子粒充實期間光合產物之供給不足因而產量較低。M_2處理與M_3處理皆於穗肥施用50％之總氮肥，故其穗乾重增進情形與M_3類似（圖11）。就營養生長期M_2處理之發育亦與M_3處理相同，故兩處間總乾物質之累積情形（圖10）及產量及各項農藝性狀皆相近，就M_1處理其施肥形態爲基肥少追肥多而穗肥亦少，故其總乾重至乳熟期仍最低，但由於生育後期所施入之氮含量較多，故雖然至後期植株之生育即逐漸趕上其他處理但其產量仍較差，其減產之原爲每穗行數較少所致。Bigeriego等（1979）認爲於生育中期（雄穗抽出前2週）因根系較健全植株對氮肥之吸收及轉運較佳，於此時期施用氮肥產量較高，另Olson與Kurty（1982）；Aldrich（1984）亦皆認爲穗肥可增加玉米之產量，Harold（1984）認爲子粒充實期給予氮肥及合理灌溉可使玉米葉部還原性氮濃度增加，延緩葉片老化並延長充實期使產量增加（Below等，1981；Swank等，1982）。

因此秋作時穗肥之施用可促進葉部轉運較多碳水化合物作爲子粒充實用，此可能爲穗肥施用增產之原因。

於春作則以基肥施用50％氮肥，另追肥及穗肥各施25％氮肥產量最佳，其次爲基肥施用25％氮肥、追肥施用50％氮、穗肥25％氮，由此可見春作需注意生育初

期之氮肥管理，基追肥用量宜多，而穗肥氮用量對產量影響較小，故在北部地區由於春秋二作間玉米產量之限制因子不同，因此春秋二作氮肥施用時期亦應有不同，於秋作由於產量之限制因子為子粒充實期供源不足，積儲大小並不為主要的產量限制因子，而充足的穗肥可使葉片較濃綠，提供較多碳水化合物供源及延長葉片之老化，使子粒重增加，並可減少穗頂充實不良之現象，但於北部地區春作產量的主要限制因子為積儲不足，子粒充實期間供源之供應並不為產量之限制因子，因此玉米初期之發育以及齊膝期氮肥之供應，皆可促使積儲器官之分化，故春作基肥及追肥，氮肥供應量對產量影響較大，反之穗肥用量之多寡對產量影響較少。

(三)期作對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

氣象因素的變化會影響到玉米的產量（Thompson 1986）而玉米子粒的產量亦受栽培環境及季節的影響（Yamaguchi 1974），陳等（1985）亦指出本省玉米栽培散佈於全省各地的低產水田，其栽培環境多變，其中各種因素如溫度、日照、雨量等季節性大環境因素（macro-environment）或是地域內小環境因素（micro-environment）的變化，常是影響作物生長表現的最重要因素。玉米栽培適溫為30～33℃，如溫度過低時（10℃以下）則光合成產物的轉移受到阻礙（Duncan，1975），就本省的栽培環境而言，春作生育初期，秋作子粒充實期常會遇到10℃以下低溫及其他不適玉米栽培之氣象環境（農業氣象旬報 1981～1984），此問題不但是育種家所欲克服之問題（陳等 1985），我們亦擬探討就其生理之障礙而以栽培方式予以彌補。

玉米生長期間各種性狀表現均會直接或間接地影響最終產量，唯當各種性狀的表現有最佳的配合，才能獲得最高的產量，本試驗結果發現春作玉米之雄穗抽出期及總生育日數比秋作長，然而葉乾重、稈乾重、整株乾物重反而比秋作為少，顯示北部地區玉米栽培，秋作的氣象環境比較有利，春作玉米低產的主要原因乃因其營養生長期70天比秋作63天為長，然乾物質之累積（約40g）比秋作（約100g）明顯的為少。北部地區春作玉米營養生長期平均氣溫在16至24℃之間，而且月總日照時數小於60小時，而秋作玉米營養生長期平均氣溫在27℃～29℃之間，且月總日照時數在150～180小時之間，Duncan等（1973）及Hunter（1980）指出玉米的產量常因溫度高低、日照長短、雨量分布之多寡而發生變異，北部地區春作氣溫及日照時數明顯的低於秋作，尤其是日照時數偏低可能是造成生育緩慢及乾物質形成減少之主因。然而在穀粒充實期間春作之氣溫由24℃逐漸增至29℃，且月累積日照時數亦增至140小時左右，反觀秋作平均氣溫由27℃降至19℃，且日照時數亦降至140小時，Jones等（1981）指出玉米子粒充實期之適溫為30℃，故此時段之氣候二期作相較則春作較有利於玉米之生育以及乾物質之累積。由本試驗之結果（圖5、10、12）可知，春作在子粒充實期總乾重之累積速度高於秋作，故就玉米春秋二作整個生育型態是這樣：秋作玉米營養生長良好，然至子粒充實期因氣候不良減少供源之供給。故乾物質之生產減少並使子粒所分配之乾物質減少，縱觀影響秋作最大的因素，可能為生育後期受

強烈季節風的影響，使莖葉受損嚴重，故乾物質之生產受阻，同時因葉片之破裂亦使同化物質之轉運受阻，而使發育中子粒不能獲得充分的同化物質之供應，致使產量受到限制，盧等（1985）亦指出秋作玉米有最高的積儲強度潛能，故其產量之限制爲此時期同化物質之供應是否充足，是故秋作玉米栽培之改進措施應爲增加雄穗抽出後有效葉面積，避免葉片破損，建議採行防風牆之設立或提早播種期以避免風害。而春作玉米其產量之限制因子應在雄穗抽出期以前之生長不良所致，由圖7春作 N_3 處理者其穗乾重之累積量與秋作相若，故春作玉米栽培之改進措施應爲加強營養生長期之管理，尤其是N肥的分施及施用多量N肥使肥效充分發揮，促進營養期生長，以使雌穗形成期子粒數不致減少爲其重要工作。

五、摘　要

以玉米台農351號探討不同氮肥用量及氮肥施用時期對玉米產量及乾物質分配之影響，以瞭解北部地區玉米產量之限制因素。

1. 玉米氮肥施用量試驗以210 kg／ha－N（合爲硫酸銨1000 kg／ha）處理，較105 kg／ha－N及52.5 kg／ha－N處理分別增產2～20％及8～32％，各處理間產量之差異於秋作較小，但於春作則較爲明顯。
2. 秋作氮肥施用法以基肥½、穗肥½最佳，其次爲基肥¼、追肥¼、穗肥½之處理，分別比對照處理（基肥½、追肥¼、穗肥¼）增產17.5％及12.1％，顯示將一半氮肥於穗肥時施用可得較高之產量。
3. 春作氮肥施用處理間產量差異不顯著，但以基肥½、追肥¼、穗肥¼處理產量較高（3.038 kg／ha），其次爲基肥¼、追肥½、穗肥¼處理，而以基肥¼、追肥¼、穗肥½處理產量最低（2,800 kg／ha），故春作應注意追肥氮肥之施肥，而穗肥氮肥用量之多寡對產量影響較小。

就目前之栽培制度秋作之氣候較春作有利於玉米之生長，秋作於營養生長期植株生育良好，唯於子粒充實期因溫度降低及季節風強烈，使此期光合同化物質之生產不足子粒充實之用，推論其產量之限制因子應爲供源不足，春作於營養生長期因低溫及日照不足，致使營養生長不良，間接影響到積儲器官之發育，然而子粒充實期植株生長旺盛，故推論產量之限制因子爲積儲之不足，故秋作應注意子粒充實期有效葉面積之維持以增加供源，春作則宜注意營養生長期之管理以及氮肥之充足供給。

而且，北部地區玉米春秋二作之施肥管理宜有所不同，秋作穗肥宜多，但春作則需注意生育初期氮肥之施用，此結果亦與植株乾物質累積情形相吻合，春作產量之限制因子爲積儲器官之發育，故宜增加追肥之氮肥用量以促進幼穗之發育，而秋作產量限制因子爲子粒充實期間葉片所提供之供源不足積儲所需，故較多之氮肥於穗肥施用，可促進葉部之光合作用，以提供較多之供源。

誌　謝

本研究之完成承行政院農委會經費補助，臺大農藝系高景輝教授，農試所劉大江先生提供試驗材料和寶貴意見，特此誌謝。

參考文獻

松島省三（1980）窒素施用時期と登熟步合ての關係，稻作の改善と技術，株式會社養賢堂P：10—16。

陳成，陳耀煌，李成章，周徵茂（1985）玉米在不同地域及週年栽培環境下之穩定性，中華農學會報新 130：24—35。

農業氣象旬報，1981—1984，中央氣象局應用氣象組農業氣象科主編。

盧淑華（1985）不同期作下光合產物供源，積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。

Allison, J.C.S., J.H.H. Wilson and J.H. Williams (1975) Effect of defoliation after flowering on changes in stem and grain mass of closely and widely spaced maize. Rhod. J. Agric. Res. 13:145-147.

Allison, J.C.S. and D.J. Watson (1966) The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Ann. Bot. 30:365-381.

Anderson, E.L., E.J.Kamprath and R.H. Moll(1984) Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. Agron. J. 76:397-404.

Asghari,M. and R.G.Hanson (1984) Climate, management, and N effect on corn leaf N, yield, and grain N. Agron, J. 76:911-916.

Balko,L.G., and W.A.Russell (1980) Response of maize inbred lines to N fertilizer Agron. J. 72:723-728.

Below,E.F.,L.E.Christensen,A.J.Reed and R.H.Hageman (1981) Availability of reduiced N and carbohydrates for ear development of Maize. Plant Physiol. 68:1186-1190.

Bigeriego, M.,R.D.Hauck, and R.A.Olson (1979) Uptake, translocation and utilization of N-depleted fertilizer in irrigted corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:528-533.

Duncan, W.G., D.L. Shaver and W.A. Williams. (1973) Insolation and temperature effects on maize growth and yield. Crop Sci. 16:187-191.

Duncan, W.G. (1975) Maize. In Crop Physiology. Evans, L.T.(ed) Cawbridge Univ. Press, London. pp:23-50.

Earley, E.B., R.D.S.Wcllrath and R.H. Hageman (1967) Effects of shade applied at different stage in corn (Zea mays L.) production. Crop Sci. 7:151-156.

Goldsworthy, P.R., A.F.E. Palmer and D.W. Sperling (1974) Growth and

yield of lowland tropical maize in Maxico. J. Agric. Sci. Camb. 83:223-230.

Hanway, J.J. (1962) Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between weight and grain yield. Agron. J. 54:145-148.

Harold, V.E. (1984) Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agron. J. 76:421-428.

Huber, D.M., G.A. Murray and J.M. Crane (1969) Inhibition of nitrification as a deterrant to nitrogen loss. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33:975-976.

Hunter, R.B. (1980) Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20:571-573.

Jones, R.J., B.G. Gengenbach and V.B. Cardwell (1981) Temperature effects on in vitro kernel development of maize. Crop Sci. 21:761-766.

Kamprath,E.J.,R.H.Moll and N.Rodrigues (1982) Effects of nitrogen fertilizer and recurrent selection on performance of gybrid population of corn. Agron. J. 74:955-958.

Porter,H.K.,N.Pa and R.V.Martin (1950) Physiological studies in plant nutrition. XV. Assimilation of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in grain. Ann. Bot. 14:55-68.

Prine, G.M. (1971) A critical period for ear development in maize. Crop Sci. 11:779-786.

Radley,M. (1976) The development of wheat grain in relation to endogenous growth substance. J. Exp. Bot, 27-1009.

Ryle,G.J.A. and J.D.Hesketh,(1969) Carbon dioxide uptake in nitrogen-deficient plant. Crop Sci. 9:451-454.

Schrader,L.E.,D.Domska,P.E.Jung,Jr., and L.A.Peterson (1972) Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn. Agron. J. 64:690-695.

Smith, D. (1969) Removing and analysis total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41:1-11.

Sorrels, M.E., R.E. Harris and J.H. Lonuquist (1978) Response of polific maize to growth-regulation chemicals. Crop Sci. 18:783-785.

Swank,J.C., F.E. Below, R.J. Lambert and R.H. Hagemen (1982) Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70:1185-1190.

Tanaka, A. and J. Yamaguchi (1972) Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. J. Facal. Agri. Hokkaido Unive. Sapporro. 57:72-132.

Tsai,C.Y. (1980) A proposed role of zein and glutelin as N sink in maize. Plant Physiol. 66:330-333.

Walburg,G.,M.E.Bauer,C.S.T.Daughtry and T.L.Housley (1982) Effects of nitrogen nutrition on the growth,yield and reflectance characteristics of corn. Agron.J. 74:677-683.

Effects of levels and application timing of nitrogen fertilizer on yields and dry matter production and partition in maize

Ming-Jen Fan and Chun Chu
Graduate Institue of Agronomy
National Taiwan University, Taipei

Abstract

This experiment was conducted to study the effect of levels and application timing on N fertilizer on the growth of corn in autumn and spring crops to find out the limit factor of corn yield at northern area of Taiwan.

The results were summarized as follows:

1. In the trial of nitrogen fertilizer levels, the treatment of 210 kg/ha-N was better than that of 105 kg/ha-N and 52.5 kg/ha-N. Grain yield was increased 2-20% and 8-32% by applying 210 kg/ka-N in autumn and spring crops, respectively. Among nitrogen level treatments, the grain yield was less different in autumn crop while more distingished in spring crop.
2. In the trial of timing of nitrogen application, the results indicated that using 50% of nitrogen as base dressing and 50% of nitrogen as top dressing was the best method among treatments in autumn crop. The method of using 25% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 50% of nitrogen as top dressing also better than the method as 50% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 25% as top dressing which we practiced now. Grain yield was increased 17.5-12.1% by these two methods when compared with the method we practice now. The result also indicated that 50% of nitrogen fertilizer used as topdressing would increase the yield of corn in autumn crop.
3. There were no significient difference of grain yield among treatments of nitrogen application timing in spring crop. The yield of the treatment which we practice now had the highest grain yield (3038 kg/ha). The results aslo indicated that the levels of nitrogen fertilizer used as top dressing was less important than side dressing in spring crop.

The weather condition of autumn-crop in northern area of Taiwan is

better than that of the spring crop by using the culrtivation method which we practice. In autumn crop the vegetative growth of cron is better than the reproductive growth. At the grain filling stage of autumn crop, the temperature decreases and wind speed increases which will induce leaves broken and reduce photosynthetic ratio. We suggest that the yield limiting factor of autumn crop would be the source supply in the period of grain filling stage. While in spring crop, the temperature and sunshine duration were low in the period of vegetative growth of cron which will affect the development of sink organ. We suggest that the limiting factor of grain yield of corn in spring crop would be the sink capacity. Maintaining the effect leaf duration and increasing photosynthatic matter would be important in autumn corp, while in spring crop applied nitrogen fertilizer at early stage of corn growth stage was much important.

「玉米生理遺傳與育種研討會」論文集
中央研究院植物研究所專刊第七號 pp. 75-97

第 四 章

玉米子粒於充實期間內生荷爾蒙含量之變化

范明仁[1] 朱 鈞

國立臺灣大學農藝學系

摘 要

本試驗係利用酵素免疫法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)與高效能液相色層分析法(high performance liquid chromatography, HPLC)測定玉米子粒於充實期間內生荷爾蒙含量之變化，並於果穗不同部位子粒間進行比較，以探討內生荷爾蒙與子粒充實間的關係。以整個果穗子粒進行試驗的結果發現，子粒在充實期間以 zeatin 的發生最早，含量於乳熟期即達高峰，隨後逐漸減少；indoacetic, acid (IAA)與 gibberellin (GA_3)的變化情形相似，均於子粒充實中期(硬漿期至馬齒狀早期)含量最多，ABA 在子粒充實過程中則有兩次高峰出現，一在子粒充實初期，另一在成熟期。在玉米果穗上、下部位子粒生長特性方面，不論品種及期作，上位子粒鮮重與乾重之增加速率均明顯低於下位子粒，內生荷爾蒙含量的差異亦極爲顯著。上、中、下位子粒內自由態與總 IAA 最高含量的發生時間有一定時序關係，自下而上逐漸延後，以下位子粒爲例，高峰期即較上位子粒早約 5-10 日，在子粒充實初期之含量並較上位子粒高 5.4-8.5 μg/g fw，但在充實後期反低 2-10 μg/g fw。上、下位子粒間 ABA 含量差異不大，唯在成熟期間，下位子粒含量高峰期較上位子粒早一個發育期發生。子粒於充實期間之蔗糖合成酵素(sucrose Synthase)含量亦出現兩個高峰，一次在硬漿期，另一次在成熟期；蔗糖合成酵素與 IAA 含量變化有並行之現象，但前者之消長與後者比較，約遲 5 日左右。本試驗結果建議玉米子粒在充實期間，內生荷爾蒙 IAA 含量可能與子粒發育及光合成物質之轉運有密切關係。

關鍵語：玉米、子粒充實期，內生荷爾蒙，蔗糖合成酶、酵素免疫法。

前 言

植物荷爾蒙被認爲具有調節植物果實生長、發育與成熟之功能(Wheeler, 1972, King, 1976)，發育中果實或種子內之荷爾蒙含量，因受環境及遺傳因子的作用而有不同，並可影響其充實速率及充實期之長短(Weaver 與 Johnson, 1985)；研究植物子

[1]目前就職於台灣省農業試驗所

實內生荷爾蒙的含量變化及代謝，將有助於瞭解子實生長與成熟過程及作物產量的限制因子。

自從 Haggen-Smit 等(1946)在玉米種子中分離出 IAA(indole-3-acetic acid)以及 Letham(1966)分離出 zeatin 以來，在許多植物的種子與果實中均發現存有多種荷爾蒙。一般認爲 IAA 與胚及胚乳的發育有關，當胚形成根原體時，IAA 含量必會增加(Skoog 與 Miller, 1957)。Monula(1978)發現種子發育過程中，GAs(gibberellins)出現的時序與乾物質最大累積期相若，推測 GAs 含量與種子生育有關。Michael 與 SeilerKelbitsch(1972)認爲 kinetin 可經由對受精卵與胚乳細胞分裂之作用，進而影響種子大小；在玉米(Skoog 與 Miller; Miller, 1967)及小麥(Wheeler, 1972)方面，亦有報告指出 cytokinin 與胚及種子的生長有密切關係。

另一種植物荷爾蒙 ABA(abscisic acid)在種子生長發育方面扮演的角色，最近被重新認定，例如種子發育過程中，乾重與 ABA 含量之增加情形相互配合，隨著種子成熟，ABA 含量亦逐漸減少(McWha, 1975; Tietz, 1981; Schrader 等，1984)；由於 ABA 含量的高峰期與種子鮮重急速增加期頗爲接近(Ackerson, 1984a)，有些學者推測 ABA 可能具有促進吸收蔗糖(Ackerson, 1984a; Schrader 等，1984)或促進光合成物質之轉運(Karmoker, 1978; Tietz 等，1981)等作用，因而使鮮重增加；此外，Ackerson(1984b)並認爲 ABA 可抑制胚早熟發芽，延長胚繼續累積乾物質之時間。

綜合以上所述，可知植物荷爾蒙在子實的發育過程中，參與並調節各項生長與分化作用，極具重要性。但因荷爾蒙 auxins、GAs、cytokinins 與 ABA 等皆同時存在於胚及胚乳內，而子粒充實期間各種荷爾蒙含量的變化曲線卻未儘相同，顯示作用可能有異(Eeuwens 與 Schwabs, 1975; Radley, 1976)；Barendes 等(1970)並曾指出植物荷爾蒙間有相互影響的現象。總之，子粒發育過程可能是由一連串不同荷爾蒙含量變化所調節，其確切作用機制在目前仍難定論，有待繼續研究。

此外，由於蔗糖是最主要的轉運碳水化合物，而澱粉又爲許多作物種子內的大量貯存物質，所以蔗糖與澱粉間的轉換代謝爲子粒充實過程中極重要的一環，蔗糖合成酵素(sucrose synthase)即爲其中主要酵素之一(Chourey 與 Nelson, 1976; Su 與 Preiss, 1978)。但是蔗糖合成酵素在子粒充實期間量的變化如何，與植物內生荷爾蒙間的關係又如何，目前仍缺少資料可供參考，有加以探究的必要。

基於以上原因，本試驗以玉米爲材料，於子粒充實期間分析各種內生植物荷爾蒙及蔗糖合成酵素量的變化，探討其間的時序關係，以及對子粒發育充實的可能影響；又鑑於玉米果穗上、下部位子粒的充實特性具有明顯差異，因此特別著重於不同部位子粒間的比較。經由瞭解植物內生荷爾蒙的作用，對今後應用外加植物生長調節劑，謀求改善玉米積儲(sink)能力以提高產量之努力，或將有所助益。

材料與方法

試驗採用單交玉米臺農 351 號及臺農育 84 S-24 號爲材料，於 1985 年秋作及 1986 年春、秋二作種植於桃園縣新屋鄉桃園區農業改良場。在玉米植株吐絲後，每隔 4 日(春作)或 6 日(秋作)自田間選取發育整齊之果穗 10 個爲樣品，並鑑定子粒發育

期；其中 2 穗用於測定子粒鮮重、乾重及水分含量，其餘以液態氮冷凍固定後，依穗長區分爲三等分，取得上、中與下位種子各 40 克，以 20 克用於檢測植物內生荷爾蒙含量，另 20 克用於分析可溶性蛋白質與蔗糖合成酵素含量。

玉米子粒發育期係依 Shaw 與 Thom(1951)的方法鑑定，時期 1 爲乳熟早期(early milk)，時期 2 爲乳熟末期(late milk)，時期 3 爲軟漿期(soft dough)，時期 4 爲硬漿期(hard dough)，時期 5 爲馬齒狀早期(early dent)，時期 6 爲馬齒狀中期(middle dent)，時期 7 爲成熟期(late dent)。

可溶性蛋白質係依 Bradford(1976)的方法測定。

本試驗利用 RP-HPLC 技術，仿照並修改 Weiler 等(1981)所創酵素免疫分析方法，測定玉米子粒內生荷爾蒙含量，所需之樣品純化步驟簡單，分析準確度及專一性高，IAA 可檢測範圍爲 0.5-100 pmole， ABA 可檢測範圍爲 0.02-10 pmole，實驗流程亦大爲縮短，每次可同時操作 384 個樣品，效率頗高。爲比較 ELISA 方法之準確性，曾以 132 個樣敏同時進 RP-HPLC 與 ELISA 分析，結果兩者相關係數極高，IAA 爲 0.80，ABA 爲 0.88，均達極顯著水準。但以 ELISA 方法測定 IAA 時需進行甲基化(methylation)處理，過程具危險性，且過程完全與否影響結果之準確性，此外，玉米子粒內 IAA 含量相當高，故以 RP-HPLC 法予以檢測。另 ABA 以 ELISA 系統檢測之準確性及再現性很高，如以 RP-HPLC 法分析，則因樣品純化過程長及酸鹼度變化大，易使 ABA 由 cis 型態轉變爲 trans 形態，影響 RP-HPLC 檢測結果；故應用 ELISA 法分析 ABA 含量。至於 GA_3、zeatin 及 zeatin riboside，由於尚未建立 ELISA 檢測方法，仍採用 RP-HPLC 予以分析。各種植物荷爾蒙與蔗糖合成酵素的定量方法詳述如下。

以 HPLC 法檢測 IAA、GA_3與 Zeatin

於 20 克玉米子粒樣品加入 10 ml 85% 甲醇，打碎至漿狀後過濾，殘渣以 85%甲醇重複萃取一次，兩次萃液合併後減壓濃縮，調 pH 至 8.0，經冷凍、解凍步驟三次，再以離心機分離，取上層液以 HC 1 調 pH 至 2.5，通過 Seppak cartridge 後以 pH 2.5 之緩衝液沖洗一次，再加入 5 ml 20% 甲醇將雜質洗出，待雜質流出後，加入 2 ml 80% 甲醇，收集洗出液並定量成 2 ml，取 2 μl 以 HPLC 檢測 IAA 及 GA_3含量(Norman 等，1982; Guin 等，1986)。

將上述洗出液取 1 ml 經減壓濃縮後用 NaOH 調 pH 至 8，置於 40°C下進行水解 1 小時後，調 pH 值至 2.5，再以 Sep-pak cartridge 過濾純化，先以 20% 甲醇將雜質洗出，再加入 2 ml 80% 甲醇，收集洗出液，以 HPLC 檢測 IAA 含量，此爲總 IAA 含量，減去未經鹼水解前 IAA 含量，即爲結合態 IAA 含量(Bandurski 與 Schulze, 1977)。

Zeatin 及 zeatin riboside 之粹取及純化，係取 5 ml pH 2.5 之樣品萃取液，通過 Sep-pak cartridge，先以 5% acetone 洗出雜質，再以 70% 甲醇將 zeatin 及 zeatin riboside 洗出，定量後以 HPLC 檢測。

HPLC 檢測時，IAA 及 ABA 之移動相爲 40% 甲醇(Suit 與 Palmer, 1982)，GA_3亦同，但以 H_3PO_4調 pH 值至 2.5(Barendes 等，1980)，zeatin 及 zeatin

riboside 則以 10% acetonitrile 爲移動相(Stahly 與 Buchanan, 1982)。使用 Watens 的 UV-檢測器，IAA、ABA、zeatin 及 zeatin riboside 使用 254 nm 波長，GA_3使用 214 nm 波長。

以 ELISA 法檢測 ABA

依照前述 HPLC 檢測方法進行粹取純化，至通過 Sep-pak cartridge 並以 2 ml 80%甲醇洗出之收集液，此爲樣品保存液，取此液 0.1 ml 加入 0.9 ml 2.5 mM Tris buffer(pH 7.5，含 0.1% NaCl 及 1 mM $MgCl_2$)做爲樣品，經稀釋 50 倍後，即可直接以 ELISA 測定 ABA 含量。

檢測係依據 Weiler(1981,1982)方法，並加修加，其過程如下。取 10 mg Goat antimouse IgG 抗體(Capal M 9637)溶於 40 ml sodium bicarbonate buffer(pH 9.6,含 15 mM Na_2CO_3 與 40 mM $NaHCO_3$)，於免疫檢測片(immuno micro well plate, Nunc immuno plate 4-39454)每穴加入 200 μl，置於 4°C下培育 24 小時，將穴內抗體溶液倒掉，並用 Salin-Tween buffer(pH 7.4，含 0.8% NaCl 及 0.005% (v/v) Tween-20)清洗三次；另取 2 ml ABA 單株抗體(monoclone antibody; mAb)，加入 20 ml sodium bicarbonate buffer 做成 mAb 溶液，每穴加入 200 μl，於 40°C下培育 24 小時後，將 mAb 溶液倒掉，並以 saline-Tween buffer 清洗三次。再於每穴內加入 100 ul 的標準液或樣品稀釋液，同時加入 100 μl 的 tracer 稀釋液(ABA 之 tracer 係將 ABA 連接至 alkaline phosphatase 所製成)，輕拍使之混合均勻，於 4°C下培育 3 小時，除去穴內溶液，並以 saline-Tween buffer 清洗三次，每穴內加入溶於 DEA buffer(pH 9.8, 含 diethanolamine 0.9 M 及 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 0.3 mM)之酵素反應受質(p-nitrophenyl phosphate, Sigma 104-5) 200 μl，於 37°C下培育 30 分鐘後，加入 50 μl 5 M KOH 使反應終止，最後於 EIA reader(Biotek 308 型)以 405 nm 波長讀取各穴內吸光度，利用下列公式換算：

$$\frac{AB-AuB}{ABo-AuB}\times 100=\%(B/Bo)$$

$$\mathrm{logist}(\%\ B/Bo)=\ln\left(\frac{\%\ B/Bo}{100-\%\ B/Bo}\right)$$

其中 AB：爲標準液或樣品之吸光度。

AuB：爲 100 pmole ABA 溶液之吸光度。

ABo：爲不含 ABA 之緩衝溶液之吸光度。

logist(% B/Bo)爲將 %(B/Bo)取 logist 值使之直線化。

以 ELISA 法配合 Biotin-Avidin 系統檢測蔗糖合成酶

依據 Hsu 等(1981)關於 avidin 與 biotin 具有極高親合力並可應用於 ELISA 方法之建議，發展以 ELISA 技術配合 avidin-biotin 系統檢測蔗糖合成酶之方法。其工作步驟大致與上述 ELISA 法相似，但在免疫檢測片的穴內覆置(coating)之第一層抗體爲蔗糖合成酶抗體，使用量爲取蛋白質含量 3.4 mg/ml 之抗體溶液稀釋 100 倍後，

每穴加入 200 ul；另取純化之蔗糖合成酶抗原，蛋白質含量爲 3.3 mg/ml，將之稀釋爲 100、500、1000、5000、10000 等 5 種稀釋液，做爲標準液，並以 PBS 緩衝液爲對照，建立標準曲線，用以換算樣品內蔗糖合成酶含量。將抗原稀釋液加入 coating 抗體之小穴中，即可產生抗原一抗體反應，經培育 12 小時使反應平衡後，將穴內溶液掉倒並洗淨，加入 100 μl 之庶糖合成酶抗體與 Biotin 之複合體溶液(即 biotinylated secondary antibody)，於4°C下培育3小時，洗淨後，每穴加入100μl之Avidin-biotin-Horseradish peroxidase，於 4°C下培育 3 小時，再加入 150 μl Horseradish peroxidase 反應受質(OPD, o-phenylene diamide, Sigma p-1526；40 mg 溶於 100 ml 0.1M PBS buffer後加入10 μl 30% H_2O_2)，於37°C下培育10分鐘，利用EIA reader 以 405 nm 波長讀取各穴之吸光度，由標準曲綫換算出蔗糖合成酶含量。

結　果

一、玉米子粒充實期間全穗子粒之發育與各種荷爾蒙含量之變化

以玉米果穗所有子粒爲樣品，於 1985 年秋作試驗調查子粒發育的結果列於圖 1 A；鮮重及乾重以直線增進方式增加，百粒鮮重由 11 g 增加至 29 g，於馬齒狀中期至成熟期之增加較少。百粒乾重由 2.7 g 增加至 18.6 g，於子粒充實初期的增加速率較低，但中期後則快速增進，至成熟期前仍有繼續增加之趨勢。子粒水分含量由 75%降至 36%。

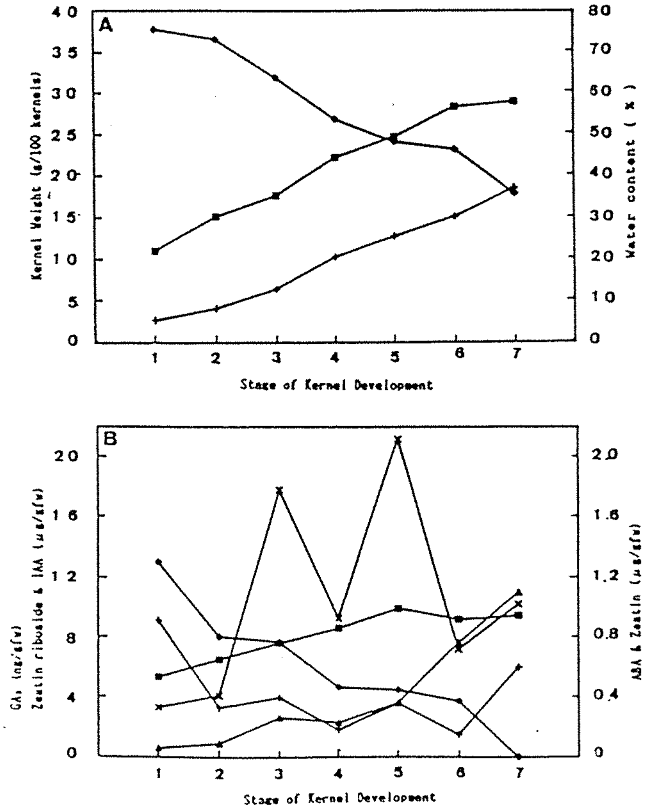


圖 1.
玉米整穗子粒在充實期間鮮重、乾重及水分含量(A)與內生荷爾蒙(B)的變化。(1985 年秋作)
Fig. 1.
Changes in fresh weight (□), dry weight (+), water content (◆) (upper figure), and contents of IAA (□),ABA (+), zeatin (◆), zeatin riboside (△) and GA_3 (×) for kernels from the entire ear during kernel-filling period (Autumn crop, 1985).

秋作玉米子粒充實期間各種荷爾蒙含量變化情形如圖 1 B。吲哚乙酸含量隨子粒發育而逐漸增加，於乳熟期之含量爲 5.33 μg/g f.w.，馬齒狀早期含量最高，爲 9.92 μg/g.f.w，其後稍微減少，但含量亦在 9 μg/g f.w.左右。子粒充實期間離層酸含量出現二次高峯，一在孔熟期，約爲 0.91 μg/g f.w.，另一在成熟期，含 0.6 μg/g f.w.；子粒充實中期之離層酸含量皆低，在 0.15～0.36 μg/gf.w.之間。

Zeatin 含量之變化情形爲子粒充實初期(乳熟期)最高(1.3 ug/gf.w.)，其後逐漸減少，至硬漿期已降低一半以上，僅爲 0.4 μg/g f.w.，至成熟期時已無法測得。zeatin riboside含量之變化情形與zeatin相反，子粒充實初期含量較少，僅爲0.6μg/g f.w.，以後逐漸增加，成熟期含量爲 11 μg/g f.w.。有關激勃素方面，本試驗中僅測定 GA_3一種，在秋作子粒充實期間出現二次高峯，一爲軟漿期之 17.8 ng/g f.w.，另一爲馬齒狀早期之 21.2 ng/g f.w.，其餘各時期 GA_3含量皆少，在 3.3～10.2 ng/g f.w.之間。

春作子粒發育情形如圖 2 A；子粒充實期之氣溫較高，日照充足，故子粒之充實速率較高，百粒鮮重於乳熟早期爲 1.8 g，乳熟中期迅速增加到 12 g，但至硬漿期後增加速度較慢，至成熟期爲 31.7 g。百粒乾重於初期增加較緩，乳熟早期爲 0.22 g，乳熟中期爲 2.1 g，其後迅速增加，至成熟期爲 18.5 g。水分含量於乳熟早期爲 87%至成熟期降至 41.6%。

春作玉米子粒充實期間各種荷爾蒙含量之變化情形如圖 2B；吲哚乙酸於乳熟早期爲 8.6 μg/g f.w.，其後逐漸增加至硬漿期最高，爲 13.2 μg/g f.w.，其後稍降，於

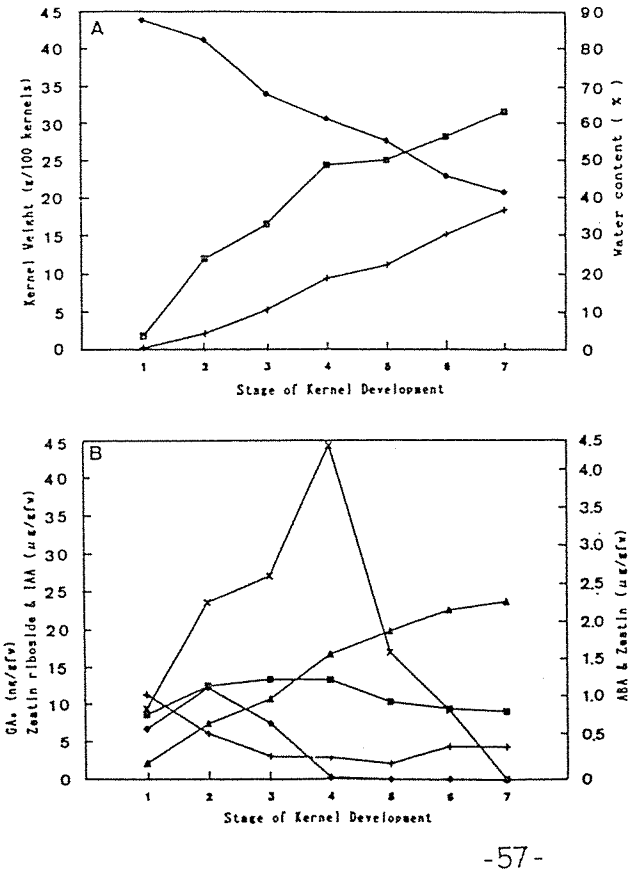


圖 2.
玉米整穗子粒在充實期間鮮重、乾重及水分含量(A)與內生荷爾蒙(B)的變化。(1986 年春作)

Fig. 2.
Changes in fresh weight (□), dry weight (+), water content (◆) (A), and contents of IAA (□),ABA (+), zeatin (◆), zeatin riboside (△) and GA_3 (×) (B) for kernels from the entire ear during kernel-filling period (Spring crop, 1986).

馬齒狀早期及成熟期含量分別為 10.2 及 9.0 μg/g f.w.。離層酸含量之變化情形與秋作相若，於子粒充實期初期及成熟期含量較高，乳熟早期及乳熟末期之含量分別高達 1.13 及 0.61 μg/g f.w.，軟漿期及馬齒狀早期離層酸含量較低，在 0.2～0.3 μg/g f.w.之間，至馬齒狀中期及成熟期離層酸含量又增加至 0.43 μg/g f.w.。

子粒發育期間 zeatin 之含量以充實初期較高，即乳熟早期，乳熟中期及軟漿含量較高，分別為 0.67、1.22、0.74 μg/g f.w.，至硬漿期減少為 0.02 ug/g f.w.，其後則無法測得。zeatin viboside 含量之變化情形與秋作相同，於子粒充實初期含量較少，僅 2.1 μg/g f.w.，其後逐漸增加，至成熟期含量為 23.6 μg/g f.w.。GA_3含量之變化情形，與秋作不同，春作GA_3含量呈二次曲線分布，高峯發生於硬漿期，含量為44.3 ng/g f.w.，於乳熟早期含量僅9.4 ng/gf.w.成熟期含量更少，僅為 0.04 ng/g f.w.。

二、玉米上、下位子粒發育及各種荷爾蒙含量之差異(1985 年秋作與 1986 年春作)

由於玉米果穗內上、下部位子粒的充實特性具有明顯差異，故於取樣後將上、下位子粒予以區分，1985 年秋作調查子粒於充實期間鮮重、乾重及水分含量變化情形的結果列於表 1。台農 351 號品種上、下位子粒鮮重在硬漿期後即有明顯差異，成熟期下

表 1.　玉米穗上、下位子粒於充實期間鮮重、乾重及水分含量的變化(1985 年秋作)

Table 1. *Changes in fresh weight, dry weight and water content during kernel-filling period for kernels positioned at the upper and lower parts of corn ear (Variety Tainung 351 and line Tainung yu 84S-24; autumn crop, 1985).*

Item	Growth stages													
	1		2		3		4		5		6		7	
	U*	L*	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L
	Tainung 351													
Fresh weight (g/100 kernels)	10.2	12.0	18.8	18.8	19.3	22.8	20.3	25.4	21.3	28.5	23.7	30.4	23.1	30.0
Dry weight (g/100 kernels)	2.7	2.8	4.0	6.1	6.1	9.9	9.1 11.7	10.5	15.6	12.6	17.6	14.0	22.8	
Water content (%)	73.5	76.7	78.7	67.7	68.4	56.6	55.2	53.9	50.7	45.3	46.8	42.1	39.4	24.
Water content (g/100 kernels)	7.5	9.2	14.8	12.7	13.2	12.9	11.2	13.7	10.8	12.9	11.1	12.8	9.1	0.2
	Tainung yu 84S-24													
Fresh weight (g/100 kernels)	7.8	13.8	9.4	13.8	10.6	18.0	19.4	24.0	22.0	27.5	27.1	32.5	30.8	32.2
Dry weight (g/100 kernels)	1.8	3.6	2.1	4.0	2.1	7.2	8.7	11.5	10.5	14.5	13.9	16.7	17.6	20.1
Water content (%)	76.9	73.9	77.7	71.0	80.2	59.4	55.2	52.1	52.3	47.3	48.7	48.6	42.9	37.6
Water content (g/100 kernels)	6.0	10.2	7.3	9.8	8.5	10.7	10.7	12.5	11.5	13.0	13.2	15.8	13.2	12.1

*U and L are upper and lower kernels on ear, respectively.

位子粒百粒鮮重較上位高 6.9 g；台農育 84 S-24 品系於成熟期的差異較小，僅爲 1.4 g。1986 年春作的結果列於表 2，上、下位子粒百粒鮮重仍有差異存在，但未若秋作明顯，台農 351 號品種上、下位子粒相差 1.8 g，亦即春作上、下位子粒之充實性較爲相近。

上、下位子粒間百粒乾重之差異較鮮重尤爲明顯，台農 351 號品種於秋作相差達 8.8 g(表 1)，春作相差 2.8 g(表 2)，台農育 84 S～24 亦有類似之情形，但未若台農 351 號明顯。上、下位子粒水分之含量有明顯的差異，子粒充實初期以下位子粒較高，但成熟期時下位子粒水分絕對含量反而比上位子粒少(表 1,2)。

子粒充實期間不同部位子粒內生總 IAA (total IAA) 含量，不論品種及期作，於乳熟期(時期 1,2)均以下位子粒含量較高，1986 年秋作，台農 351 號於時期 1 時上、下位子粒相差達 5.2 μg/g f.w.，時期 2 相差 5.4 μg/g f.w.。但至時期 3 僅相差 2.2 μg/g f.w.，時期4以後上位子粒IAA含量反較下位子粒爲高，相差3～4.5μg/g f.w.(圖 3A)。1987 年春作亦有類似表現，於時期 1 相差 4 μg/g f.w，以下位子粒較高，但至時期 2，上、下位子粒 IAA 含量之差異已不明顯，至時期 3 以後，上位子粒

表 2. 玉米穗上、下位子粒於充實期間鮮重、乾重及水分含量的變化(1986 年春作)

Table 2: *Changes in fresh weight, dry weight and water content during kernel-filling period for kernels positioned at the upper and lower parts of corn ear (Variety Tainung 351 and line Tainung yu 84S-24; spring crop, 1986).*

Item	Growth stages													
	1		2		3		4		5		6		7	
	U*	L*	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L
	Tainung 351													
Fresh weight (g/100 kernels)	1.34	1.19	10.0	11.0	12.5	18.0	23.0	28.0	21.0	27.3	24.0	30.0	29.0	30.8
Dry weight (g/100 kernels)	0.11	0.12	1.6	2.1	3.3	4.9	8.3	12.2	9.3	12.6	13.1	17.3	16.7	19.5
Water content (%)	91.8	90.0	85.0	80.9	73.6	72.8	63.9	56.4	55.7	53.9	45.0	42.3	42.4	36.7
Water content (g/100 kernels)	1.23	1.07	8.5	8.9	9.2	13.1	14.7	15.8	11.7	14.7	10.8	12.7	12.3	11.3
	Tainung yu 84S-24													
Fresh weight (g/100 kernels)	1.80	3.00	12.0	15.0	13.7	22.0	20.0	27.0	25.3	27.0	26.7	32.7	31.6	35.3
Dry weight (g/100 kernels)	0.24	0.40	1.8	2.7	4.2	8.9	7.0	10.3	11.1	11.6	13.8	17.0	17.8	20.0
Water content (%)	86.7	86.7	85.0	82.0	69.3	59.6	65.0	61.9	56.1	57.0	48.3	48.0	43.7	43.3
Water content (g/100 kernels)	1.56	2.60	10.2	12.3	9.5	13.1	13.0	16.7	14.2	15.4	12.9	15.7	13.8	15.3

*U and L are upper and lower kernels on ear, respectively.

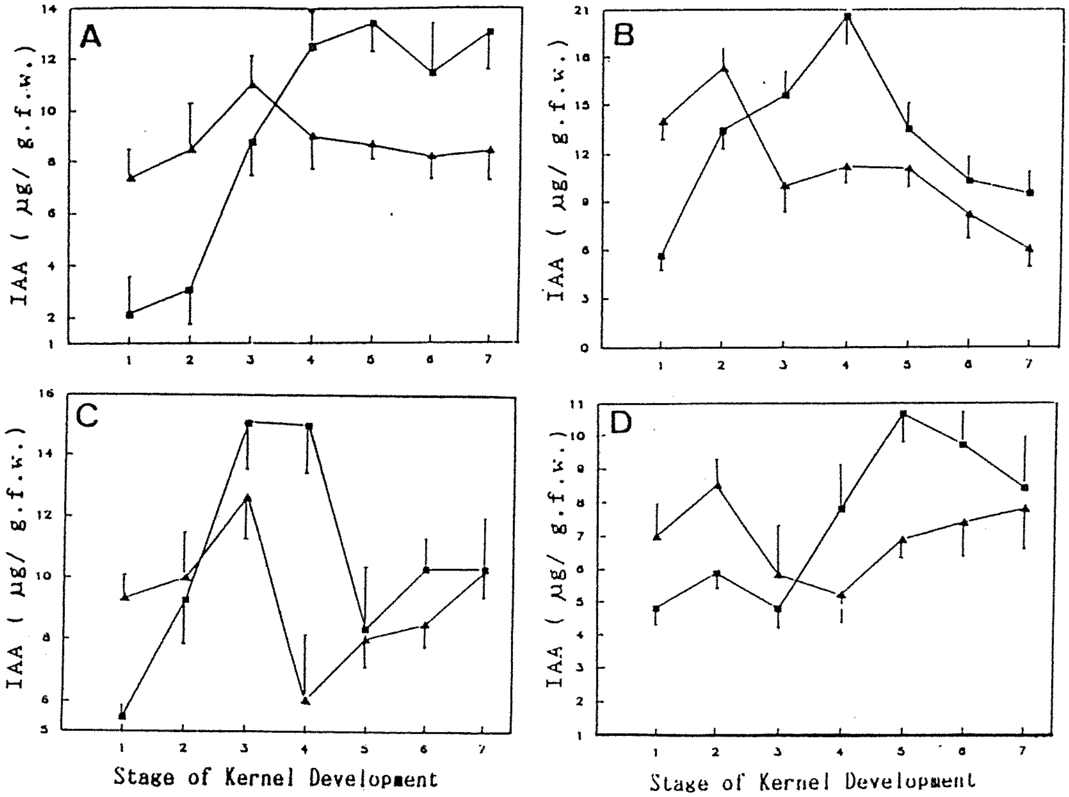


圖 3. 玉米穗在充實期間上、下位子粒 IAA 含量的變化。

Fig. 3. Changes in IAA content in the upper kernels (■) and lower kernels (▲) of developing Tainung 351 (A and C) and Tainung yu 84S-24 (B and D) corn ears in the autumn crop of 1985 (A and B) and spring crop of 1986 (C and D).

IAA 含量高於下位，尤其於時期 4 最爲明顯(圖 3C)。

台農育 84 S～24 子粒總 IAA 含量之差異亦有類似表現，1986 年秋作時期 1、2、3 以下位子粒高於上位子粒，尤其以時期 1、2 時之差異極爲明顯(圖 3 B)，於時期 4 以後，上位子粒 IAA 含量高於下位子粒。1987 年春作的結果相同，時期 1 時下位子粒 IAA 含量較上位子粒高 8.5 μg/g f.w.，時期 2 相差 4 μg/g f.w.，時期 3 以後上位子粒高於下位子粒相差 2-10 μg/g f.w.(圖 3D)。

由上述結果可發現，不同部位子粒間 IAA 含量有時序上之差異，子粒充實初期以下位子粒高於上位子粒，充實後期以上位子粒含量較高。期作間比較，以春作 IAA 含量高於秋作，但秋作於子粒充實初期上、下位子粒 IAA 含量之差異較大，且較春作明顯。秋作上位子粒 IAA 高峯發生時間較下位子粒晚 3 個子粒發育時期，但春作僅相差 1～2 個子粒發育時期。

上下位子粒間 ABA 含量之差異示於如圖 4，台農 351 號上位子粒不論春秋二作，於時期 2～3 皆有一高峯出現，但下位子粒則無此現象。台農育 84 S-24 上位子粒 ABA 含量亦於時期 2～3 明顯的高於下位子粒；就品種、子粒部位及期作整體而言，均以時期 1 之 ABA 含量最高，其後隨著子粒之生長而迅速下降；下位子粒於時期 2-6 之 ABA 含量在 0.1～0.4 μg/g f.w. 之間，但至子粒成熟期(時期7)又大量增加至 0.7～1 μg/g f.w.，呈現第二次高峰。期作及品種間比較，ABA 含量及其變化趨勢大

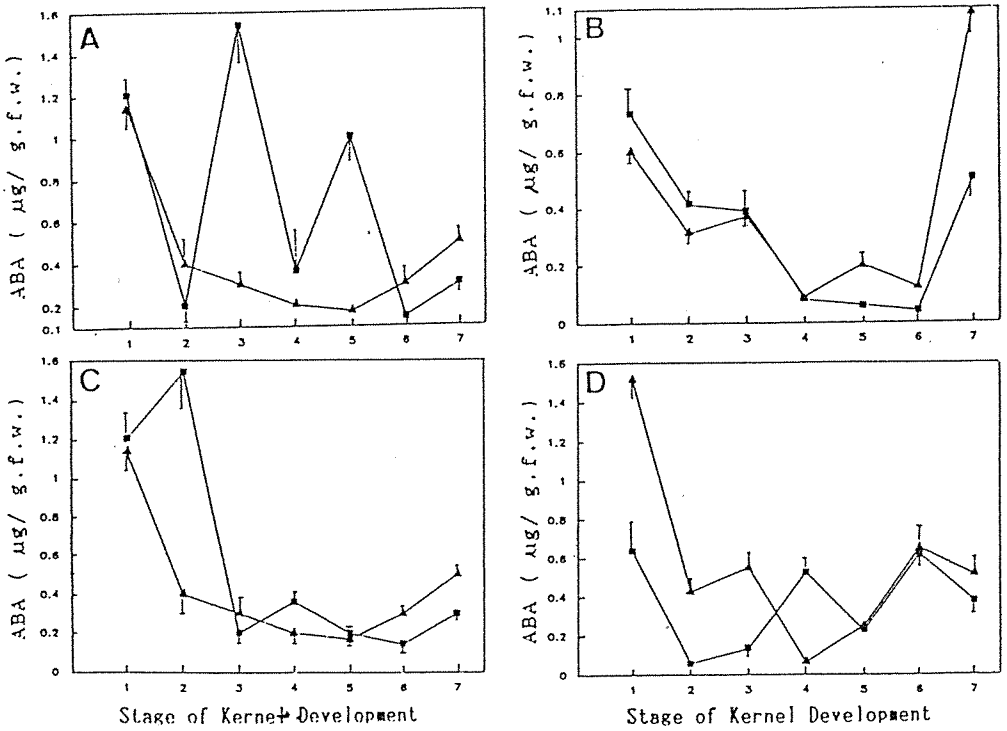


圖 4. 玉米穗在充實期間上、下位子粒 ABA 含量的變化

Fig. 4. Changes in ABA content in the upper kernels (■) and lower kernels (▲) of developing Tainung 351 (A and C) and Tainung yu 84S-24 (B and D) corn ears in the autumn crop of 1985 (A B) and spring crop of 1986 (C and D).

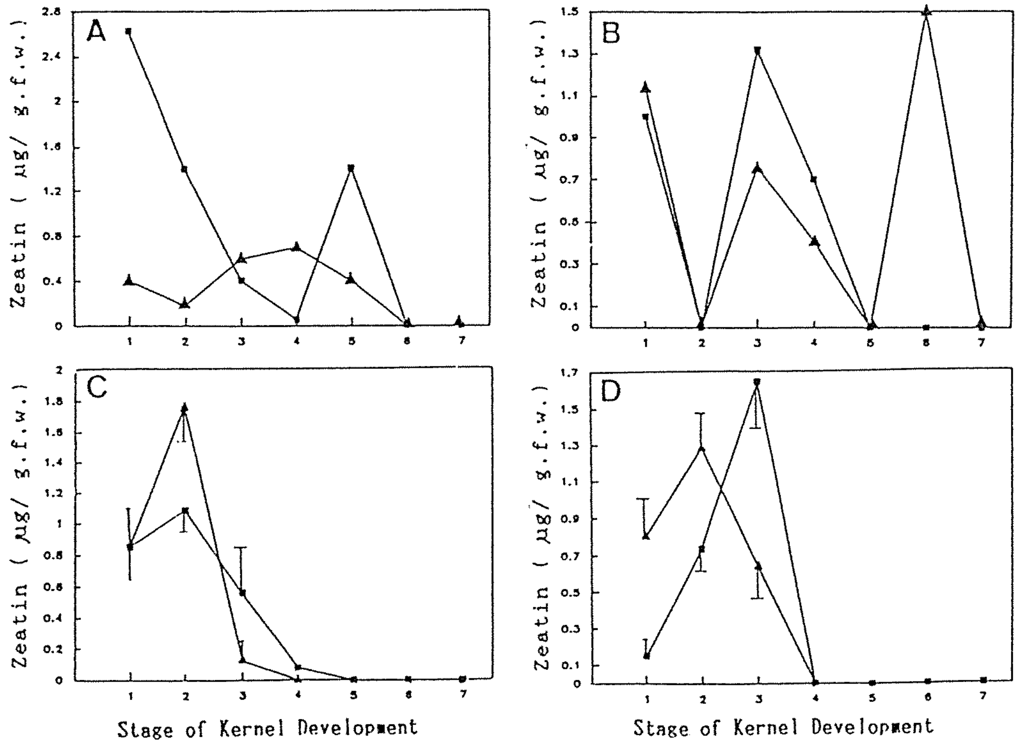


圖 5. 玉米穗於充實期間上、下位子粒 zeatin 的變化

Fig. 5. Changes in zeatin content in the upper kernels (■) and lower kernels (▲) of developing Tainung 351 (A and C) and Tainung yu 84S-24 (B and D) corn ears in the autumn crop of 1985 (A and B) and spring crop of 1986 (C and D).

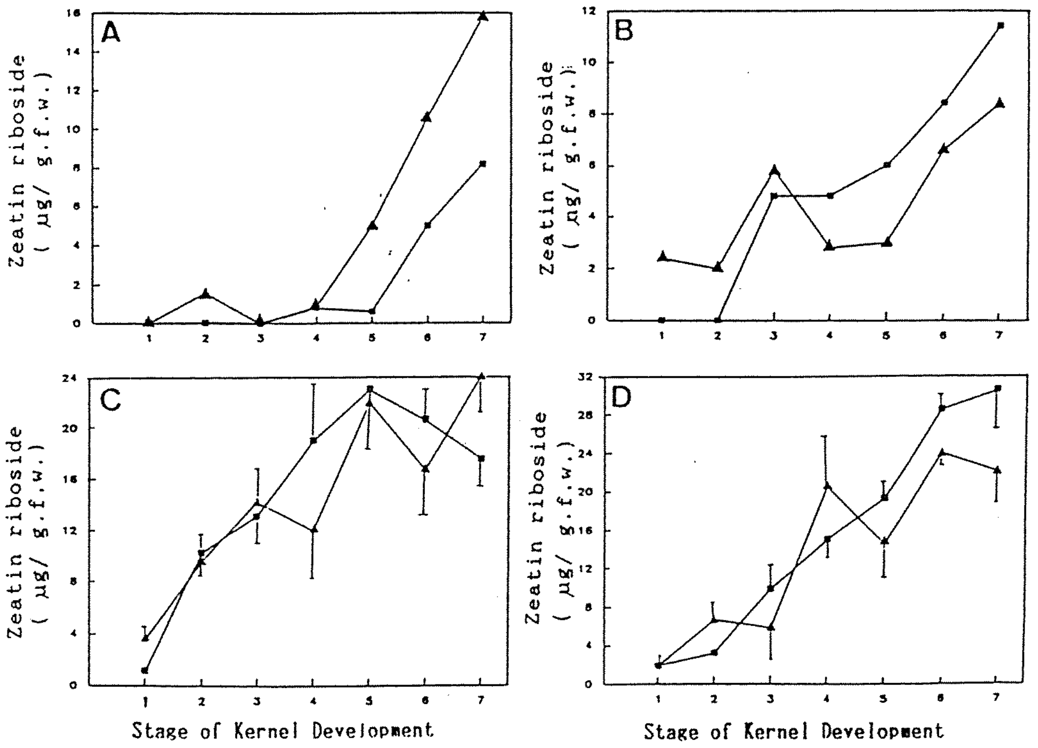


圖 6. 玉米穗於充實期間上、下位子粒 zeatin riboside 含量的變化。

Fig. 6. Changes in zeatin riboside content in the upper kernels (■) and lower kernels (▲) of developing Tainung 351 (A and C) and Tainung yu 84S-24 (B and D) corn ears in the autumn crop of 1985 (upper figures) and spring crop of 1986 (lower figures).

致相同。

子粒內生 zeatin 含量之變化情形如圖 5，大體而言，不論上、下位子粒，zeatin 含量高峯期大都發生於子粒充實初期，即時期 1 至 2，其後迅速下降，至時期 4 以後，含量減少至無法測得。秋成 zeatin 含量之變化情形較不一致，但春作品種間 zeatin 含量變化之趨勢較為一致，下位子粒 zeatin 含量之高峯期皆出現於時期 2，此時上位子粒 zeatin 含量低於下位子粒，但時期 3 時則以上位子粒含量較高。

zeatin riboside 含量之變化情形與 zeatin 完全不同，不論期作或品種，初期含量均低，其後隨子粒發育而含量逐漸增加，至成熟期達最高峰。秋作子粒 zeatin riboside 含量較低，於成熟期為 8-16 μg/g f.w.；春作子粒含量較高，在 18～30 μg/g f.w. 之間，期作間子粒 zeatin riboside 含量相差為 1 倍左右(圖 6)。

有關子粒內生 GA_3 含量，不論期作或品種，皆有一共同趨勢，即由子粒充實初期開始，GA_3 含量由低逐漸增加，至時期 4 達最高峯，其後又逐漸減少，至成熟期降至最低，已無法測得。上下位子粒 GA_3 含量差異不明顯，期作及品種間子粒 GA_3 含量亦相近，最高含量為 30-50 ng/g f.w.(圖 7)。

三、玉米上、中、下位子粒發育及各種荷爾蒙含量之差異(1986 年秋作)

1986 年秋作試驗將子粒區分為上、中、下三部份，分別進行調查與分析。子粒鮮、乾重變化情形方面(圖 8)，中位子粒介於下位與上位子粒之間，但與下位子粒較接近，

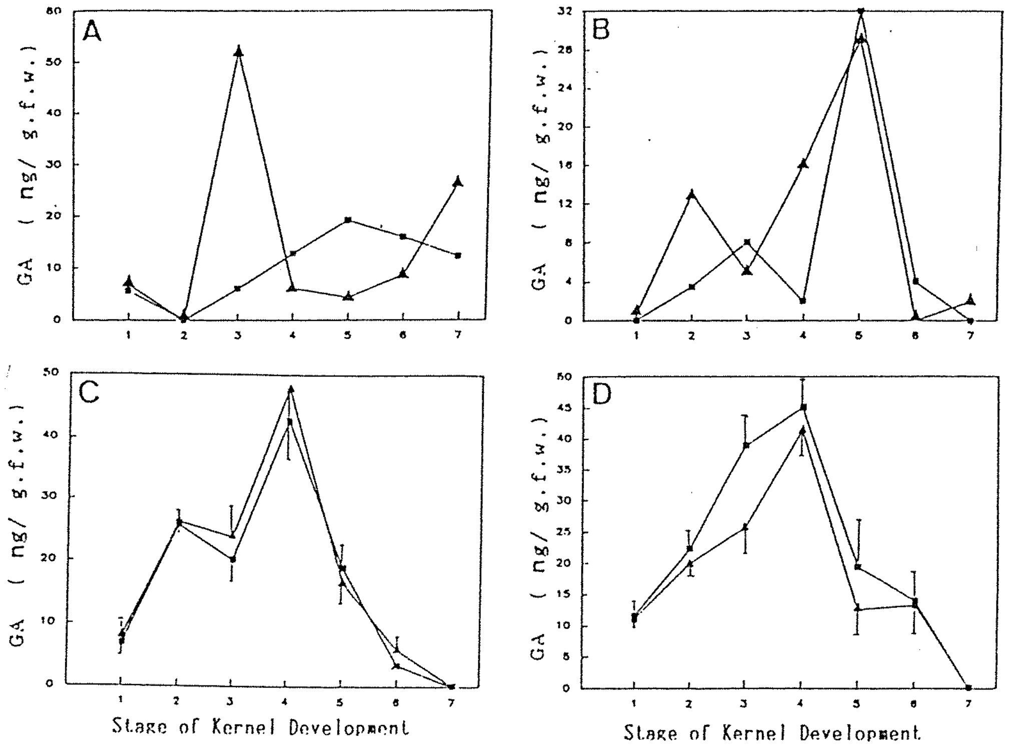
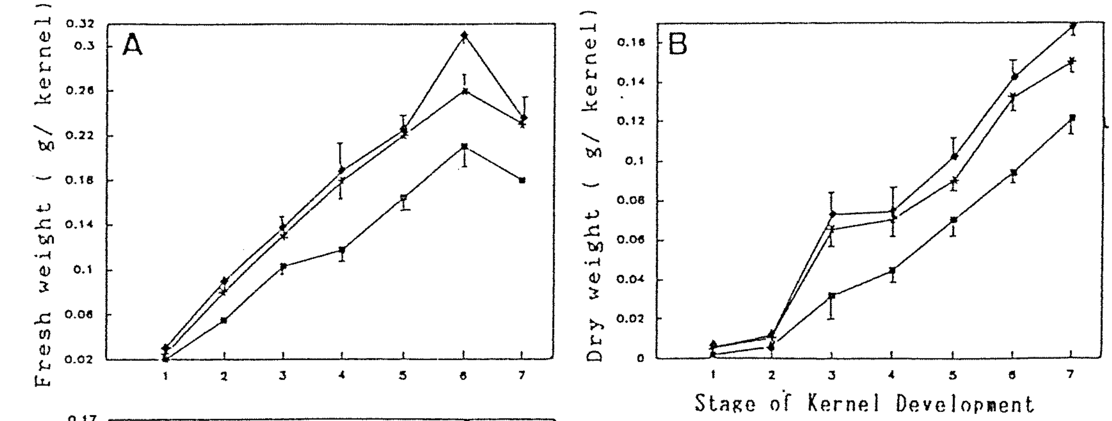


圖 7. 玉米穗於充實期間上、下位子粒 GA_3 含量的變化。

Fig. 7. Changes in GA_3 content in the upper kernels (■) and lower kernels (▲) of developing Tainung 351 (A and C) and Tainung yu 84S-24 (B and D) corn ears in the autumn crop of 1985 (A and B) and spring crop of 1986 (C and D).



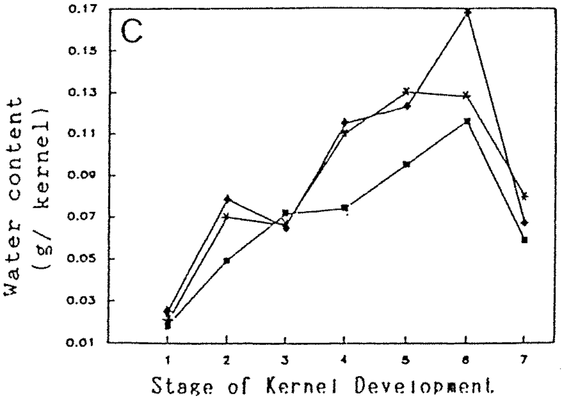


圖 8.
玉米穗於充實期間上、中、下位子粒鮮重、乾重及水分含量的變化

Fig. 8.
Changes in fresh weigth (A), dry weight (B) and water content (C) in kernels located at upper (■), middle (✳) and lower (◆) position of Tainung 351 ear during kernel-filling period in the autumn crop of 1986.

且均明顯的高於上位子粒；就水分絕對含量而言，中、下位子粒亦很接近，且較上位子粒為高(圖 8)。

台農 351 號子粒內自由態 IAA(free IAA)含量於子粒充實期初期(時期 1)以下位子粒最高，為 1.8 μg/g f.w，中位子粒次之，為 0.9 μg/g f.w，上位子粒最少，僅 0.6 μg/g f.w.。中、下位子粒自由態 IAA 含量在時期 2 相若，分別為 3.5 及 3.6 μg/g f.w.，且皆高於上位子粒之 1.7 μg/g f.w.；但時期 3 則以上位子粒含量最高，為 5.3 μg/g f.w.(圖 9A)。依此結果可發現上、中、下子粒自由態 IAA 含量有時序上之差

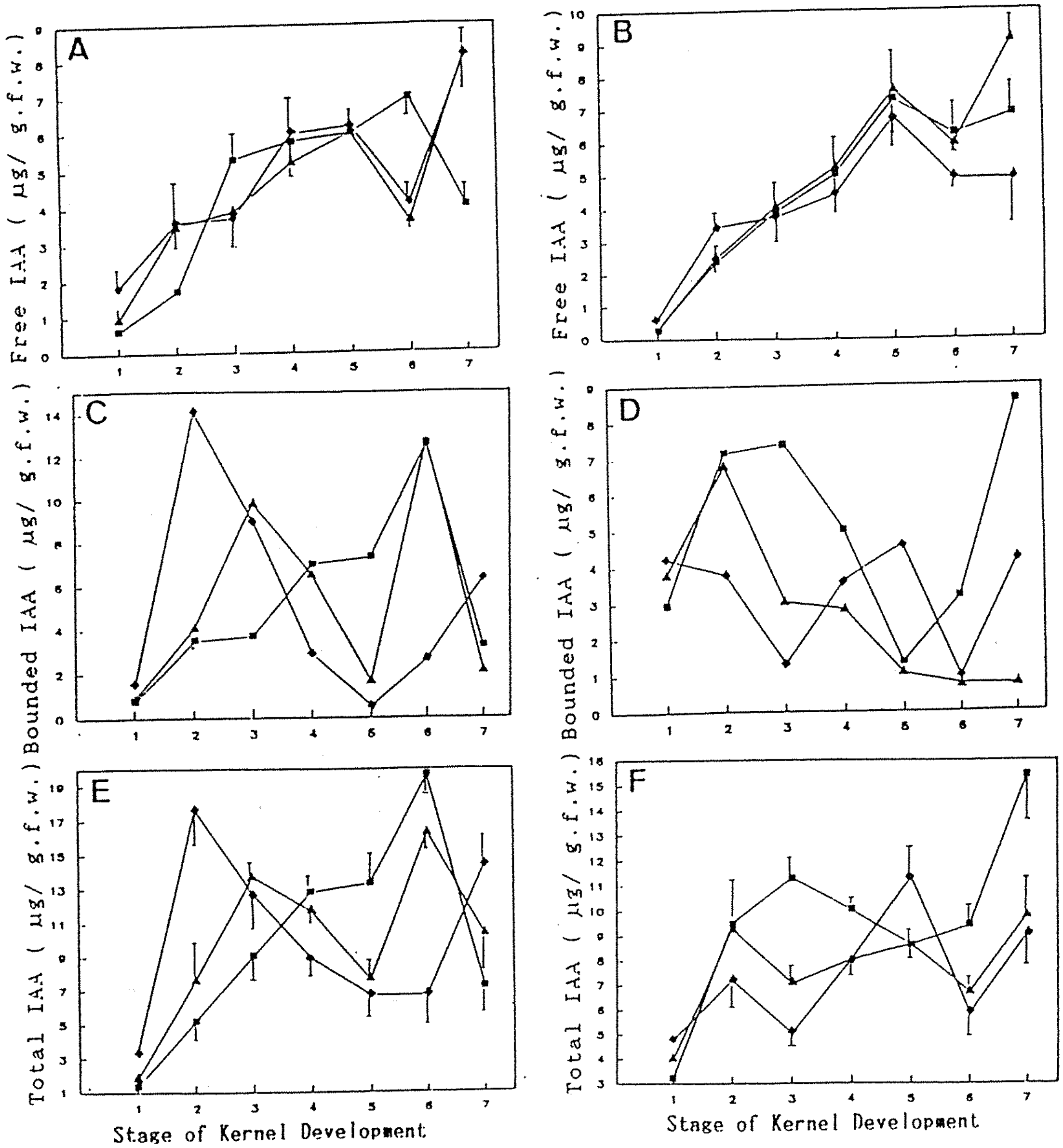


圖 9. 玉米穗充實期間上、中、下位子粒自由態、結合態及總 IAA 含量的變化。

Fig. 9. Changes in contents of free IAA (upper figures), bound IAA (middle figures) and total IAA (lower figures) in kernels located at upper (■), middle (▲) and lower (◆)positions of Tainung 351 (A, C and E) and Tainung Yu 84S-24 (B, D and F) ears during kernel-filling period in the autumn crop of 1986.

別，含量高峯期以下位子粒最早出現，其後依次為中位與上位子粒。就總IAA含量而言(圖9E)，於時期2時，不同部位子粒間即有明顯差異，以下位子粒含量最高，為17.7 μg/g f.w.，中位次之，為7.6μg/g f.w.，上位最少，為5.2μg/g f.w.。但至時期3則以中位子粒之13.7μg/g f.w.最高，時期4則以上位子粒含量最多，為12.8 μg/g. f.w.；由此可知子粒總IAA含量高峯期之出現亦有時序上之差異，以下位最早，中位次之，上位最晚。

台農84 S-24號品系比台農351號早3～5天抽穗，於子粒充實初期(時期1,2)自由態IAA含量亦以下位子粒最高，其後則以中位最高，至時期5上位子粒IAA含量明顯增多，與下位子粒已無差異(圖9B)。總IAA含量方面，時期1以下位子粒最高，時期2則以中、上位子粒最多，至時期3時上位子粒總IAA含量明顯的高於中、下位子粒(圖9F)。

結合態IAA(bound IAA)之量為總IAA含量與自由態IAA含量之差，由圖9C可看出台農351號結合態IAA含量亦有時序上之差異，下位子粒在時期2含量最多，為14.1 μg/g f.w，至時期3則以中位子粒含量最多，為9.8 μg/g f.w.於時期4、5、6以後則以上位子粒含量最多，介於7-12.6 μg/g f.w.之間。台農育84 S-24號亦有類似之表現(圖9 D)，時期1以下位子粒含量最高，為4.2 μg/g f.w.，時期2以中、

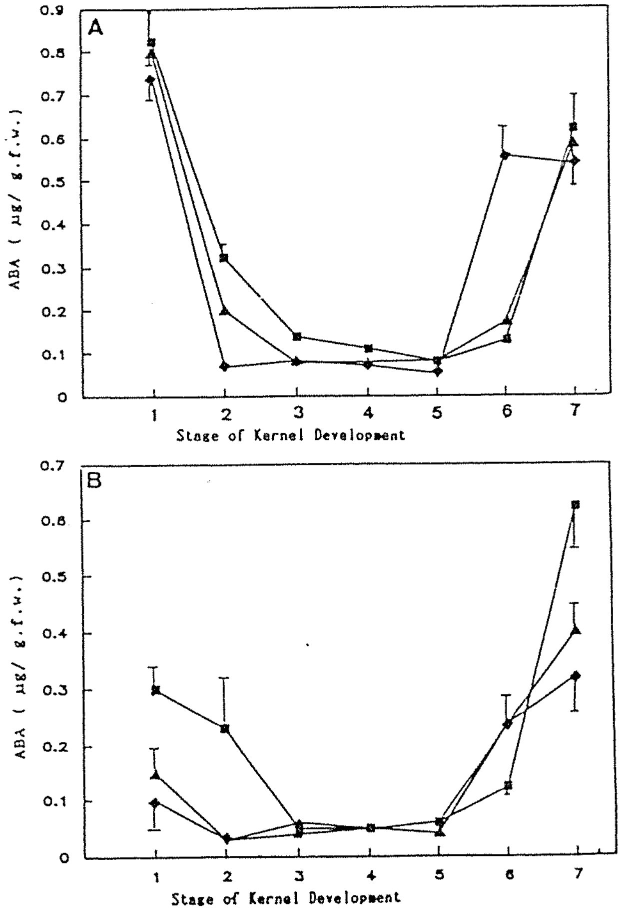


圖10.
玉米穗於充實期間上、中、下位ABA含量的變化。
Fig. 10.
Changes in ABA content in kernels located at upper (■), middle (▲) and lower(◆) positions of Tainung 351 (A) and Tainung Yu 84S-24 (B) ears during kernel-filling period in the autumn crop of 1986.

上位子粒較多，分別爲 6.78 及 7.1 μg/g f.w.，時期 3 以後則上位子粒結合態 IAA 含量最高。

上、中、下位子粒間 ABA 含量之變化趨勢相當一致(圖 10)，不論子粒部位，台農351號皆於時期1時含量最高，爲0.7～0.9μg/g f.w.，時期2時迅速下降到 0.3～0.1 μg/g f.w.，其後維持在 0.1 μg/g f.w.左右，至時期 6、7(成熟期)又再度增加，下位子粒 ABA 含量之增加於時期 6 出現，而上中位則於時期 7 才迅速增加。台農育 84 S-24 號亦有相同之趨勢，各部位子粒 ABA 含量於時期 1 較高，時期 2-6 降至 0.1 μg/g f.w.以下，但至時期 7 又急速增加。一般而言，子粒充實中期上位子粒 ABA 含量都有較高之趨勢。

在子粒充實期間不同部位子粒可溶性蛋白質含量方面(圖 11)，二品種於子粒發育初期均以下位子粒含量較高，上位子粒最少，中位子粒介於其間。品種間子粒可溶性蛋白質含量之高峯期亦不相同，台農 351 號在時期 4，但台農育 84 S-24 號則在時期 2～3 時出現高峯，比台農 351 號早 1 個時期。

就子粒蔗糖合成酶而言(圖 12)子粒充實初期間不同部位子粒含量間差異極大，時期 1 僅能於下位子粒測得蔗糖合成酶，含量爲 60 μg/g f.w.，二品種含量相若；中位子粒於時期 2 可測得，台農 351 號含量爲 110 μg/g f.w.，而台農育 84 S-24 號含量較少，爲 45 μg/g f.w.；上位子粒在時期 3 以前含量很低，幾乎無法測得，但至時期 4

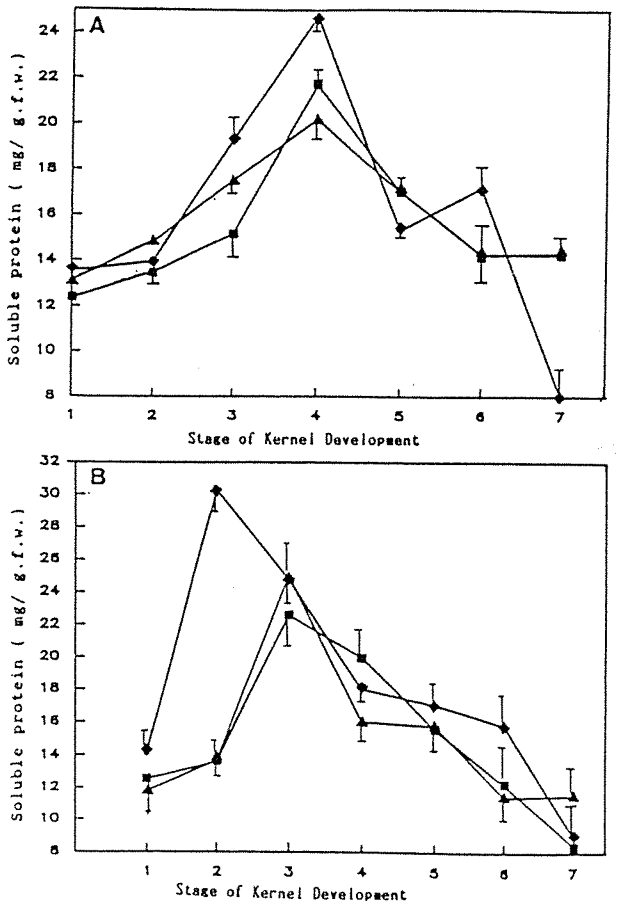


圖 11.
玉米子粒充實期間上、中、下位子粒可溶性蛋白質含量的變化。
Fig. 11.
Changes in soluble protein content in kernels located at upper (■), middle (▲) and basal (◆) positions of Tainung 351 (A) and Tainung Yu 84S-24 (B) ears during kernel filling period in the autumn crop of 1986.

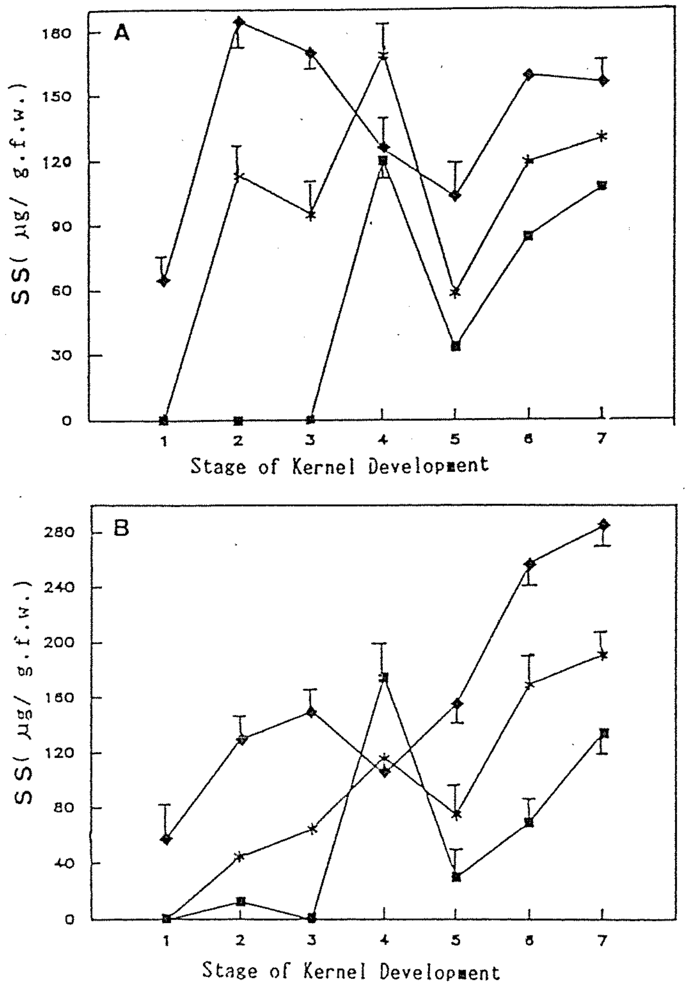


圖 12.
玉米子粒充實期間上、中、下位子粒蔗糖合成酶含量的變化。
Fig. 12.
Changes in sucrose synthase content in kernels located at upper (■), middle (∗) and lower (◆) position of Tainung 351 (A) and Tainung Yu 84S-24 (B) ears during kernel-filling period in the autumn crop, 1986.

時含量急速增加，台農351號爲120μg/g f.w.，台農育84S-24號高達175μg/g f.w.，二品種不論子粒部位，於時期 5 皆有下降之趨勢，僅有台農育 84 S-24 號下位子粒例外，於時期 4 即下降，時期 5 再度上升。二品種(系)於子粒充實後期(時期 6、7)皆有一共同趨勢，即蔗糖合成酶含量逐漸增加，且下位子粒含量多於中位子粒，而以上位子粒含量最少。整體而言，子粒充實過程中蔗糖合成酶含量出現二次高峯，一次在時期 4，另一次在時期 7；子粒發育初期及末期以下位子粒含量較高，上位子粒含量較少；子粒充實期中期下位子粒蔗糖合成酶含量下降，而上位子粒含量上升，使不同部位子粒間之含量差異減少。

討　論

一、玉米子粒充實期間各種荷爾蒙含量之變化

第一部份試驗係以果穗所有的種子爲同一樣品進行調查分析，綜合春、秋二作子粒充實期間子粒內生荷爾蒙含量之變化情形，可以發現 IAA 在秋作隨著子粒發育及鮮、乾重之增加而增加，至時期 5 達最高峯，其後則維持在 9 μg/gf.w.左右，亦即 IAA 含量與子粒鮮、乾重之增加有相互平行之趨勢。ABA 含量在子粒充實過程中有二次高

峯出現，第一次在子粒充實初期，其後含量維持在較低的水平，但在成熟期又增高而達第二次高峰。成熟期 ABA 含量可能與子粒水分含量有關，當子粒離層酸含量增加時，水分含量降低；同時成熟期 ABA 亦可能有抑制種子未熟發芽之作用(Ackerson, 198 4b)。

不論春或秋作，子粒 zeatin 含量皆有相同的變化趨勢，即乳熟期含量最高，其後逐漸減少至不可測得；玉米子粒發育過程中 zeatin 發生最早，可能與胚與胚乳細胞之分裂有關。zeatin riboside 之含量於子粒充實初期較少，但隨子粒之發育而增加，至成熟期含量最多，但此時 zeatin 含量反而最低，故玉米 zeatin riboside 的作用可能是做爲貯藏性之 zeatin，並供爲將來種子發芽所需。

子粒充實期間激勃素含量之變化於本試驗中僅調查 GA_3一種，就代表性而言，較爲不足。調查結果顯示，不論春秋二作，GA_3於子粒充實初期及成熟期含量均低，而以軟漿期、硬漿期及馬齒狀早期之含量較高。

Gale(1978)綜合 Wheeler(1972)和 King(1976)測定小麥穗部植物荷爾蒙含量變化之結果，認爲植物荷爾蒙出現時序與子粒發育行爲相互配合，在小麥授粉後穗部各種荷爾蒙出現之時序，Cytokinin 爲第一週，gibberellin 爲第 4 週，auxin 爲第 5 週，ABA 爲第 6 週，子粒乾物質則於第 6 週達高峯，水分含量於第 6 週後急速下降，授粉後 9 週爲收穫期。本實驗調查玉米子粒內生荷爾蒙含量與子粒發育行爲，亦可得到類似之結果(圖 1、2)，在玉米子粒中以 zeatin 最早出現，於時期 1 即達高峯，IAA 於時期 2 以後大量增加，並維持至時期 6，GA_3的表現與 IAA 相近；但玉米子粒可能以 IAA 對同化物質之轉運較具影響，因子粒乾物質之累積於時期 2 後直線上升，與 IAA 含量大幅增加相符合，推論 IAA 與玉米子粒乾物質累積有密切之關係。ABA 含量於充實初期出現一高峯，與小麥的表現並不相同，但於時期 5 以後第二度急速上升，此時水分含量降低，故玉米子粒 ABA 可能與水分之喪失及抑制種子早熟發芽行爲有關。

二、玉米上下位子粒發育與充實性之差異

玉米上位子粒常於初期即停止發育、退化或充實不良，導致百粒重減少和降低產量；Jonathan 與 Jones(1986)認爲玉米上位子粒退化原因主爲養分之競爭，Bonnett (1960)指出玉米雌穗穎花之分化是以朝頂之方向(acropetal)依序完成；Frey(1981)認爲頂端穎花發育較遲，故受精亦晚 3-5 天方完成，故子粒之開始充實時間亦較晚。台農 351 號具穗頂充實不良之特性，上述原因皆爲可能之影響因素，故擬以植物荷爾蒙調節同化物質轉運觀點探討上位子粒發育不良之原因。

依本試驗結果(表 1、2)，可看出上、下位子粒除水分含量相若外，鮮重及乾重皆明顯的以下位子粒爲高，而二者鮮、乾重之增加約相差一個子粒發育時期(5～7 天)。台農 351 號及台農育 84S-24 號皆有上位子粒發育較差之現象，尤以台農 351 號於北部地區秋作之上位子粒充實不良現象最爲顯著。

三、玉米不同部位子粒 IAA 含量時序變化與子粒充實性之關係

子房之發育與 auxin 促進細胞擴大有關，受粉與受精作用皆可能刺激 auxin 或其

他物質之產生，以促進果實發育。自 Haggen-Smit 等(1946)在玉米種子內發現 IAA 後，Hamilton(1961)亦認為 IAA 對玉米子粒發育而言，為一種重要的 auxin，其含量可高達 1 mg/kg d.w.左右；Urda 與 Banduraki(1969)測定發育中玉米子粒 IAA 含量，發現於授粉後 1～3 週達最高點，約為 10.5 μg/g d.w.。Wareing(1979)強調 IAA 在同化物質轉運上扮演著相當重要之角色 Wardlaw 等(1970)探討小麥同化物質於供源至積儲之轉運上與荷爾蒙控制之關係，認為積儲容積大小對同化物質轉運之促進作用為間接的，而生長組織內 auxin 含量則可調節同化物質之轉運。

由本試驗之結果可看出，上、下位子粒內生 IAA 濃度之變化有時序差異，下位子粒 IAA 含量高峯期一般比上位子粒提早 1～2 個子粒發育時期，即 5～10 天左右，故推論由於下位子粒 IAA 含量高峯時序較早，促進同化物質轉運至下位子粒，具有較大的養分競爭能力，因此下位子粒之發育亦早。在子粒發育過程中，IAA 之作用應以乳熟早期最為重要，因乳熟早期為胚乳細胞分裂及伸長之時期，下位子粒於此時期 IAA 含量明顯高於上位子粒，故可能促使下位子粒胚乳細胞數目較多且體積較大，而使下位子粒積儲強度優於上位子粒，間接的具有較高的養分競爭能力。

另由測定上、下位子粒內生 IAA 含量(圖 3)及上、中、下位子粒內生自由態、結合總與總 IAA 含量(圖 9)之結果，皆顯示下位子粒 IAA 含量於子粒充實初期最高，中位子粒則於較晚之充實時期較高，而上位子粒則於充實後期高於中、下位子粒。由子粒鮮乾重(表 1、2)得知下位子粒比中位重，而上位子粒最輕，故子粒最終的重量似乎與子粒充實初期(尤其是時期 2)的 IAA 含量多寡有關。本試驗中未能於 ABA, zeatin riboside 或 GA_3方面發現類似關係，所以玉米子粒發育似乎受 IAA 含量的影響最大；此結果與 Bangerth 等(1985)報告小麥不同部位子粒內生 IAA 含量與乾物質累積有正相關現象之結果符合。Evans(1972)亦認為穗內不同部位子粒重之差異可能為荷爾蒙作用的結果，使子粒間對同化物質競爭能力產生差異。基於以上原因，可知 IAA 對子粒生長具有調節控制之作用。

Patrick 與 Wareing(1976)認為 auxin 可以促進莖部代謝物質之轉運，即 IAA 可促進積儲能力及篩管載入之機制，因而增進積儲部位對代謝物質之吸收速率。Sorrells 等(1978)於玉米施用 auxin 轉運抑制劑 N-1-naphthylphthalamic acid (NPA)，可顯著增加下位穗粒重而提高產量，另以 indolebutyric acid (IBA)與 GA_3 混合，可明顯抑制多穗型品種之穗數，故認為 IAA 及 GA_3會抑制下位穗之生長，即上位穗對下位穗之抑制作用是透過 IAA 來傳達；上、下位子粒間對養分之競爭作用亦可能由 IAA 所控制。

四、玉米不同部位子粒內生 ABA 含量時序變化與子粒充實性之關係

一些作物種子發育過程中，ABA 含量與種子乾重平行增加，當乾重最高時，胚內 ABA 含量亦達最高點(King, 1976; McWha, 1975; Radley, 1976, 1979; Quebedeaux 1976; Schussler 等，1984)；但本實驗中玉米種子內生 ABA 含量與種子乾物質之累積間並無相關存在。Jones 與 Brenner(1978)認為 ABA 含量是抑制玉米種子成熟前發芽之因子，本試驗中亦發現玉米子粒於成熟末期之 ABA 含量迅速增加，可能具有相似的作用。

五、玉米子粒蔗糖合成酶與子粒充實行爲之關係

玉米子粒內蔗糖合成酶活性與澱粉合成速率成正相關，故蔗糖合成酶可能參與糖合成爲澱粉之過程(Ou-Lee 和 Setter, 1985)，另 Chourey 和 Nelson(1976)發現玉米 Shrunken-1 突變株內所含蔗糖合成酶活性很低，僅爲正常植株之 2～6%，故認爲蔗糖合成酶在玉米子粒澱粉的合成及累積上佔有很重要的角色。本試驗結果則發現子粒內蔗糖合成酶的含量與 IAA 總含量有關，當 IAA 總含量上升後，蔗糖合成酶隨後上升，IAA 總含量下降，則蔗糖合成酶亦隨後下降，二者變化曲線相差一個子粒發育時期。

六、植物荷爾蒙間之相互交感

由於多種植物荷爾蒙共同調節植物整體之生理作用，因此各種荷爾蒙間有其交感作用，使植物正常生長與分化。Hein 等(1984)測定大豆子粒不同部位內 ABA 與 IAA 含量，發現胚軸內 ABA 含量極高而 IAA 很少，但種皮中 ABA 極低而 IAA 很多，故兩者在種子發育過程可能相互影響。Lindore 與 Nooden(1978)亦認爲 cytokinins 與 ABA 對大豆植株老化有相互拮抗作用，故影響作物生長與發育絕非單一植物荷爾蒙可以達成，而是植物荷爾蒙間互相協同作用後所表現出的現象。

台灣北部地區台農 351 號穗頂子粒充實不良之情形特別明顯，本試驗結果發現上位子粒於充實初期之 IAA 含量明顯低於下位子粒，且 IAA 含量之高峯期亦較下位子粒晚；又至發育中期時，上位子粒 ABA 含量迅速增加，且明顯的較下位子粒爲多，是否由於上述荷爾蒙含量之差異，導致上位子粒對同化物質之競爭能力小於下位子粒，有待進一步探討。

Patrick 與 Wareing(1976)認爲 IAA 有促進蔗糖長距離轉運之作用，本試驗結果發現子粒之 IAA 含量與充實行爲關係相當密切，而且子粒內蔗糖合成酶含量之消長亦與總 IAA 消長情形一致。然而與玉米子粒澱粉合成過程中有關的酵素相當多(Ozbun 等, 1973; Ou-Lee 與 Setter, 1985)，子粒發育期中，各種不同的蔗糖轉化酵素(invertase)活性亦不同(Jaynes與Nelson, 1971)，因此僅就蔗糖合作酶與 IAA 之關係，仍無法對荷爾蒙與碳水化合物代謝酵素之關係做一定論。

引用文獻

Ackerson, R.C. 1984a. Regulation of soybeans embryogenesis by abscisic acid. J. Exp. Bot. **35:** 403-413.

Ackerson, R.C. 1984b. Abscisic acid and precocious germination in soybeans. J. Exp. Bot. **35:** 414-421.

Bandurski, R.S. and A. Schulze. 1977. Concentration of indole-3-acetic acid and its derivatives in plants. Plant Physiol. **60:** 211-213.

Bangerth, F., W. Authammer and O. Baum. 1985. IAA level and dry matter accumulation at different positions within a wheat ear. Physiol. Plant. **63:** 121-125.

Barendse, G.W.M. and P.H. van de Werken. 1980. High-performance liquid chromatography of gibberellins. J. Chromat. **198:** 449-455.

Bonnett, O. 1960. Inflorescences of maize, wheat, rye, barley and oats: Their initiation

and development. Ill. Agri. Expt. Sta. Bull. 721.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. **72:** 248–254.

Brenner, M.L. 1981. Modern methods for plant growth substance analysis. Ann. Rev. Plant Physiol. **32:** 511–538.

Brenner, M.L., B. Burr, and F. Burr. 1977. Correlation of genetic vivipary in corn with abscisic acid and concentration. Plant Physiol. **59**–S: 76.

Chourey, P.S. and O.E. Nelson. 1976. The enzymatic deficiency conditioned by the shrunken-1 mutant in maize. Biochem. Gen. **14:** 1041–1055.

Eeuwens, C.J. and W.W. Schwabe. 1975. Seed and pod wall development in *Pisum sativum* L. in relation to extracted and applied hormones. J. Exp. Botany **26:** 1–14.

Evans, L.T. and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. **28:** 301–359.

Frey, N.M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Sci. **21:** 118–122.

Gale, M.D. 1978. Genetic variation for hormonal activity and yield. *In* J.H.J. Spiertz and Th. Kramer (eds.), Crop Physiology and Cereal Breeding. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, pp. 29–34.

Goldbach, H. and G. Michael. 1976. Abscisic acid content of barley grain during ripening as affected by temperature and variety. Crop Sci. **16:** 797–799.

Guin, G., D.L. Brummett, and R.C. Beier. 1986. Purification and measurement of abscisic acid and indoleacetic acid by high performance liquid chromatography. Plant Physiol. **82:** 997–1002.

Haggen-Smit, A.J., W.B. Dandliker, H. Wittwer, and A.E. Murneek. 1946. Isolation of 3-indoleacetic acid from immature corn kernel. Amer. J. Bot. **33:** 118–120.

Hamilton, R.H., R.S. Bandurski, and B.H. Grigsby. 1961. Isolation of indole-3-acetic acid from corn kernels and etiolated corn seedlings. Plant Physiol. **36:** 354–359.

Hein, M.B., M.L. Brenner and W.A. Brun. 1984a. Concentration of abscisic acid and indole-3-acetic acid in soybean seeds during development. Plant Physiol. **76:** 951–954.

Hein, M.B., M.L. Brenner and W.A. Brun. 1984b. Effects of pod removal on the transport and accumulation of abscisic acid and indole-3-acetic acid in soybean leaves. Plant Physiol. **76:** 955–958.

Hsu, S.M., L. Raine and. Fanger. 1981. A comparative study of the peroxidase-anti peroxidase method and an avidin-biotin complex method for studying polypeptide hormones with radioimmunoassay antibodies. Am. J. Clin. Pathol. **75:** 734-738.

Jaynes, T.A. and O.E. Nelson. 1971. Invertase activity in normal and mutant maize endosperms during development. Plant Physiol. **47:** 623-628.

Jonathan, M.H. and R.J. Jones. 1986. Kernel aboration in maize. I. Carbohydrate concentration patterns and acid invertase activity of maize kernel induced to abort *in vitro*. Plant Physiol. **81:** 503–510.

Jones, R.J. and M.L. Brenner. 1978. Distribution of abscisic acid in maize kernel during grain filling. Plant Physiol. **83:** 905–909.

Karmoker, J.L. and R.F.M. van Steveninck. 1978. The effect of abscisic acid on sugar levels in seedling of *Phaseolus vuglaris* L. cv Red land pioneer. Planta **146:** 25–30.

King, R.W. 1976. Abscisic acid in developing wheat grain and its relationship to grain growth and maturation. Planta **132:** 43–51.

Letham, D.S. 1966. Purification and probable identity of a new cytokinin in sweet corn extracts. Life Sci. **5:** 551–554.

Lindoo, S.J. and L.D. Nooden. 1978. Correlation of cytokinins and abscisic acid with monocarpic senesence in soybeans. Plant Cell Physiol. **19:** 997–1006.

Mcwha, J.A. 1975. Changes in abscisic acid levels in developing grain of wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Exp. Bot. **26:** 823–827.

Michaek, G. and H. Seiler-Kelbitsch. 1972. Cytokinin content and kernel size of barley grain as affected by environmental genetic factors. Crop Sci. **12:** 162–165.

Milborrow, B.V. and D.R. Robinson. 1973. Factors affecting the biosynthesis of abscisic acid. J. Exp. Bot. **24:** 537–548.

Miller, C.O. 1967. Cytokinins in *Zea mays*. Ann. N.Y. Acad. Sci. **144:** 251–257.

Mounla, M.A.K. 1978. Gibberellin-like substances in parts of the developing barley grain. Physiol. Plant. **44:** 268–272.

Mounla, M.A.K. and G. Michael. 1973. Gibberellin-like substances in developing barley grain and their relation to dry weight increase. Physiol. Plant. **29:** 274–276.

Norman, S.M., V.P. Maier, and L.C. Echols. 1982. Reversed-phase cleanup and high performance liquid chromatographic analysis of abscisic acid in *Cercospora rosicola* liquid culture media. J. Liquid Chromato. **5:** 81–91.

Ou-Lee, T.M. and T.L. Setter. 1985. Enzyme activites of starch and sucrose pathways and growth of apical and basal maize kernels. Plant Physiol. **77:** 848–851.

Ozbun, M.L., J.S. Hawker, E. Greenberg, C. Lammel, J. Preiss, and E.Y.C. Lee. 1973. Starch synthetase, phosphorylase, ADP-glucose pyrophosphorylase and UDP-glucose pyrophosphorylase in developing maize kernels. Plant Physiol. **51:** 1–5.

Patrick, J.W. and P.F. Wareing. 1976. Auxin-promoted transport of metabolites in stems of *Phaseolus vulgaris* L. J. Exp. Bot. **27:** 969–982.

Porter, H.K., N. Pa, and R.V. Martin. 1950. Physiological studies in plant nutrition. XV. Assimilation of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in grain. Ann. Bot. **14:** 55–68.

Prevost, I. and M.TH. LE Page-Degivry. 1985. Inverse correlation between ABA content and germinability throughout the maturation and the in vitro culture of the embryo of *Phaseolus vulgaris*. J. Exp. Bot. **36:** 1457–1464.

Quebedeaux, B., P.B. Sweetser ands J.C. Powell. 1976. Abscisic acid levels in soybean reproductive structures during development. Plant Physiol. **58:** 363–366.

Radley, M. 1976. The development of wheat grain in relation to endogenous growth substance. J. Exp. Bot. **27:** 1009–1021.

Radley, M. 1979. The role of gibberellin, abscisic acid and auxin in the regulation of developing wheat grains. J. Exp. Bot. **30:** 389.

Schussler, J.R., M.L. Brenner and W.A. Brun. 1984. Abscisic acid and its relationship to seed filling in soybeans. Plant Physiol. **76:** 301–306.

Shaw, S.H. and H.C.S. Thom. 1951. On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J. 59: 541-546.

Sjut,V. and M.V. Palmer. 1983. Peversed-phase high-performance liquid chromatography of plant hormones: Some useful difference in stationary phase selectivity. J. Chromato. 270: 309-312.

Skoog, F. and C.O. Miller. 1957. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue culture *in vitro*. Symp. Soc. Exp. Biol. 11: 118-131.

Sorrels, M.E., R.E. Harris and J.H. Lonnquist. 1978. Response of prolific and nonprolific maize to growth-regulating chemicals. Crop Sci. 18: 783-785.

Stahyl, E.A. and D.A. Buchanan. 1982. High-performance liquid chromatographic procedure for separation and quantification of zeatin and zeatin riboside from pears, peaches and apples. Chromat. 334: 453-459.

Su, J.C. and J. Preiss. 1978. Purification and properties of sucrose synthase from maize kernels. Plant Physiol. 61: 389-393.

Tietz, A., M. Ludewing, M. Dinghuhu and K, Dorffing. 1981. Effect of abscisic acid on the transport of assimilates in barley. Planta 152: 557-561.

Wardlaw, I.F. 1970. The early stages of grain development in wheat: Response to light and temperature in a single variety. Aust. J. Biol. Sci. 23: 765-775.

Wardlaw, E.F. and L. Moncur. 1976. Source, sink and hormonal control of translocation in wheat. Planta 128: 93-100.

Wareing, P.F. 1979. Growth regulators and assimilate partition. *In* T.K. Scott (ed.), Plant Regulation and Agriculture. Plenum Press, pp. 309-317.

Weaver, R. and J.O. Johnson. 1985. Relation of hormones to nutrient mobilization and the internal environment of the plant : The supply of mineral nutrients and photosynthate. In R.P. Pharis and D.M. Reid (eds.), Hormonal Regulation of Development III. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 1-30.

Weiler, E.W. 1978. Plant hormone immunoassay. Physiol. Plant. 54: 230-234.

Weiler, E.W. 1982. An enzyme-immunoassay for cis (+)-abscisic acid. Physiol. Plant. 54: 510-514.

Weiler, E.W. 1984. Immunoassay of plant growth regulators. Ann. Rev. Plant Physiol. 35: 85-95.

Weiler, E.W., P.S. Jourdan, and W. Conrad. 1981. Levels of indole-3-acetic acid in intact and decapitated coleoptiles as determined by a specific and highly sensitive soild-phase enzyme immunoassay. Planta 153: 561-571.

Wheeler, A.W. 1972. Changes in growth-substance content during growth of wheat grain. Ann. Appl. Biol. 72: 327-334.

Status of Endogenous Plant Hormone in Developing Kernels of Corn

Ming-Jen Fan[1] and Chun Chu[2]

[1] *Taiwan Agricultural Research Institute*
[2] *Department of Agronomy, National Taiwan University*

This experiment was conducted to determine the contents of plant hormones and sucrose synthase in the developing kernels of corn by means of reverse-phase high performance liquid chromatography and enzyme-linked immunosorbent assay. The purpose was to investigate the relationship between hormone levels and kernel-filling for kernels located at the upper and lower parts of ear. Results indicated that when corn ear was considered as a whole, zeatin concentration in kernels was highest at early kernel developmental stage and declined significantly after soft dough stage. Levels of IAA and GA were highest between soft dough and early dent stages, whereas ABA concentra-tion showed two peaks at early kernel-filling and maturity stages. Comparison between kernels at different positions of the ear indicated that fresh weight and dry weight of kernels at the upper part of ear were lower than kernels at the lower part. Contents of hormones in kernels at various parts of ear were also different. IAA content of lower kernels was 5.4 - 8.5 μg/g f.w. higher than that of upper kernels at early fillingstages, however, it was 2-10 μg/g f.w. lower at late kernel-filling stages. The peak of IAA content of lower kernels appeared 5 to 10 days earlier than that of upper kernels. Similarly, two peaks of endogenous ABA content occurred one each at early and late filling stages as found in kernels from the entire ear. However, maximum ABA content in the lower kernels appeared one growth-stage earlier than that in the upper kernels. There were also two peaks of sucrose synthase content in kernels with one at the hard dough stage and the other at kernel maturity. The change in total IAA content was insynchronization with that of sucrose synthase.The two peaks of total IAA occurred 5 days in advance to the two peaks of sucrose synthase. Results of this experiment suggested that IAA seemed to exert some effects on dry matter accumulation of cornkernels through mediating sucrose metabolism during the kernel filling period.

Key words: Hormones; Kernel filling; Sucrose synthase.

第　五　章

北部地區主要自然災害對玉米生育之影響及改善措施試驗

范明仁　杜金池　　　　　　朱　　鈞

台灣省農業試驗所　　　　　　國立台灣大學農藝所

摘　　要

於植物生長箱中以 25°C，15°C 及 10°C下調查玉米幼苗生育情形，發現於 15°C 及 10°C 下玉米幼苗皆有冷害現象，於 10°C 下播種 46 天後之幼苗與 25°C 下播種 22 天之幼苗相較，株高、鮮重及乾重分別為 25°C 下幼苗之 60 、 50 及 60 %，故於 10°C 下玉米幼苗因冷害而生育受阻，株高、鮮重及乾重之增加緩慢。另植物生長調節劑 Triacontanol（TRIA）1×10^{-6} g/ℓ 於高溫（日溫 30°C，夜溫 25°C）下，可促進玉米幼苗之生育，施用後幼苗鮮、乾重及葉綠素含量明顯增加，但於低溫下（日溫20°C，夜溫 15°C）則無作用。生長阻礙劑 abscisic acid（ABA）1×10^{-4} M 施於玉米幼苗後，會使幼苗生育減緩，尤其於低溫時效果更為明顯。

北部地區 10 月中旬以後常有強勁之東北季風來襲，對玉米有減產作用，空曠區玉米產量與防風林後相較，減產 16.8 %，如以二層或三層紗網遮蔽，紗網後平均風速分別為空曠區風速之 21.8 及 18.5 %，於紗網後玉米植株葉破損率較低，故產量分別增加15及 20 %。生長阻礙劑益收生長素可使玉米株高明顯降低，而達減少風害之效果，於齊膝期施用一次效果最佳，可使株高降低 28 %，產量增加 3.4 %。若於齊膝期及雄穗抽出前各施用一次，則會因抑制株高達 35 %，而使產量減少 17 %，於春作因無風害之現象，施用益收生長素因會阻礙玉米之生育而使產量減少。

前　　言

北部地區玉米之栽培因單位面積產量偏低且不穩定，故推廣較困難，按曾等（1984）認為台灣西北部地區農作安全栽培期限為每年 3 月下旬至 10 月上旬，於 3 月下旬以前低溫氣候之日子發生頻率較高，另於 10 月中旬以後則因日平均風速超過安全界限50%以上，均不適合作物之栽培。故本區玉米栽培之農業氣候條件上有春作播種後之低溫及秋作子粒充實期之東北季風等逆境存在，此可能為導致本區玉米單位面積產量偏低之主要原因。

玉米對低溫相當敏感，溫度低於 10°C 時會產生明顯的傷害（Levitt,1980），幼苗生長於 16°C 下便會產生各種不同的生理障礙，且隨苗齡增大而受害程度加大（Miedema

,1982)。Lynos 等(1979) 指出一般冷害可見的傷害爲植株萎凋、黃化或於葉肉組織上產生壞疽甚致導致植株死亡。故冷害預防爲玉米生產上一重要工作，Tseng 等(1984)亦指出冷害常使玉米產量嚴重減低，爲一項值得重視的災害。而本省北部地區，玉米於春作生育初期及秋作生育後期，常因低溫爲害而影響產量(林，1980)，尤其春作玉米播種後常有寒流來襲，致使玉米發芽不整齊或生長勢衰弱等現象，故需瞭解低溫對玉米生育之影響，並找出改善之措施。

據中央氣象局指出新竹地區9月中旬至12月上旬，旬平均風速高達 3 ms^{-1} 以上，此種強勁持續之東北季風對玉蜀黍、水稻等均有不良影響。另據楊(1984) 指出本省處亞洲大陸與海洋交界之低緯度地帶，每年 9 月起至翌年 4 月間，因大陸高氣壓南下，故東北季風強烈，使沿海地區栽培之水稻、玉蜀黍作物枯萎、倒伏，而使產量嚴重受損。

玉米植株高大葉片寬長，在強勁東北季風吹襲下，葉片與葉片間會相互磨擦破裂而提早老化，亦會倒伏而嚴重減產，另玉米台農 351 號具穗頂充實不良之現象(王等，1985)，於北部地區秋作玉米穗頂充實不良之情形特別嚴重，可能與季節風害導致葉片破裂因而減少光合成物質之生產有關，因此本試驗乃應用一些植物生長調節劑，改變玉米株高，藉以探討外加植物生長調節劑對玉米生育及乾物質分配之影響，做爲於強勁季節風下，減輕風害損失並提高秋作玉米產量之措施。

材料與方法

一、玉米冷害調查

以玉米台農 351 號，於生長箱內以 10°C，15°C 及 25°C 下觀察玉米於不同溫度下生長之差異。將玉米種子催芽後播種於以蛭石爲基質之塑膠盒內，行株距 4 × 4 cm，俟玉米幼芽出土後置入生長箱內施以不同溫度處理，試驗期間每隔二天施用水耕液一次，水耕液配方爲 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 10mM，KNO_3 10mM及 KH_2PO_4 2mM，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 2mM。調查幼苗地上部鮮、乾重及葉綠素含量。

二、低溫下生長調節劑對玉米幼苗生育之影響

材料及栽培方法同一，但溫度處理改爲日夜溫分別爲 20／15°C，25／20°C 及 30／25°C，生長調節劑使用Triacontanol (TRIA) 1×10^{-6} g／ℓ 及 abscisic acid (ABA) 1×10^{-4} M等二種，並以無處理爲對照，於幼芽出土後第5 天施藥，於第6 天起每隔二天採樣一次，共採 6 次，每次於各處理內採12株幼苗，調查鮮重(由根圈以上第一節採收)、乾重、葉綠素、氨基態氮、全糖含量，其調查方法係將幼苗以70％酒精於 60°C 下粹取 20 小時後，於光電比色計以 665 nm 下測吸光度做爲葉綠素含量之比較(Arnon,1949)，可溶性蛋白質之測定依據 Bradford (1976)方法，將上述用酒

精粹取後之葉片取出，以1 N NaOH水解後，取0.1ml 蛋白質抽出液加5ml的 Dye reagent 於光電比色計於595 nm測吸光度。

三、北部地區秋作玉米風害調查

調查東北季風對玉米產量之影響及不同防風網處理之效果，材料仍使用台農351號，於桃園縣新屋鄉進行試驗，玉米栽培管理按一般慣行法，為使風害情形較為明顯，將播種期稍微延後於8月10日播種，而於11月23日收穫，試驗中使用5種處理分別為三層紗網架高2公尺（紗網使用一般白色冷紗網，網目每公分6目），二層紗網架高2公尺及一層紗網架高2公尺，並以白千層防風林（株高4公尺）為控制區，及無處理為對照區。紗網處理於10月5日架設，以逢機完全區集設計，四重複。調查不同處理區內風速之差異，及玉米植株完整葉數、產量及產量構成因素。

四、季節風害下生長調節劑對玉米株高及乾物質生產與分配之影響

以玉米台農351號於桃園縣新屋鄉進行試驗，栽培管理按慣行法，秋作於8月10日播種，11月23日收穫。春作於2月13日播種，7月18日收穫。使用之生長調節劑分別為1.益收生長素（Ethephon；2-Chloro-ethylphosphonic acid）95％，1000ppm；2.亞拉生長素（Daminozide；Succinic acid 2,2-dimethyl hydrazide）85％，1000ppm；3.克美素（CCC；(1)2-chloro-ethyltrimethyl ammonium chloride（chlorcholin chloride）40.9％，(2)2-Hydroxyethyl trimethyl ammonium chloride（choline chloride）28.4％）69.3％，1000ppm；4.協養旺-CA（Abion-CA；cinnamic acid；3-phenylpropenoic acid 7％）1000倍，處理時期分二種，一為於齊膝期施用一次，另一為於齊膝期及雄穗抽出前一週各施用一次。處理後調查株高改變情形、藥害、莖寬、穗重、產量以及子粒充實期間，植株乾物質分配情形。

結果與討論

一、玉米冷害調查

於25°C、15°C及10°C下調查玉米幼苗於不同溫度下之生育情形，發現於25°C下玉米幼苗播種22天後產生老化現象，於10°C下則需46天才發生老化現象，二者相差24天之多（如表1），15°C下於34天產生老化現象。且10°C下不論株高或鮮乾重之增加皆非常緩慢，葉片老化時株高僅及25°C下之60％，鮮重亦僅為25°C之50％，乾重則為25°C之60％而已，顯示在10°C下玉米幼苗係處於逆境狀態下，生育緩慢，無法由所供給之營養液中吸收養分以增加乾重。另於15°C下，玉米幼苗生育速度與25°C相較仍約緩慢一倍左右，於植株老化時株高為25°C之80％，鮮、乾重分別為25°C之90及93％。顯示玉米幼苗在15°C下，可以由外加之營養液中吸收養分及生長，但生長速

度較慢。由以上結果顯示玉米幼苗在10°C下無法正常生長，於15°C可生長但生育速度緩慢。

表1　玉米幼苗於不同溫度下生長速度之差異

播種日後數	25°C			15°C			10°C		
	株高 (cm)	鮮重 (g)	乾重 (mg)	株高 (cm)	鮮重 (g)	乾重 (mg)	株高 (cm)	鮮重 (g)	乾重 (mg)
10	8.6	0.81	90	5.5	0.52	53	—	—	—
14	9.9	1.16	100	6.1	0.72	65	—	—	—
18	10.4	1.24	110	6.5	0.88	79	2.4	0.28	24
22	10.8	1.24	110	7.0	0.92	81	2.6	0.32	30
26				7.7	0.97	88	3.5	0.33	35
30				8.1	1.08	99	4.5	0.38	40
34				8.7	1.12	102	5.1	0.5	48
38							6.5	0.53	55
42							6.5	0.6	62
46							6.5	0.61	67

二、低温下生長調節劑對玉米生育之影響

以生長調節劑TRIA及ABA施用後，探討對玉米幼苗生育之影響，結果生長調節劑施用後5天內，各處理間玉米幼苗之鮮乾重並無明顯的差異，但5天後處理TRIA之玉米幼苗鮮乾重明顯增加，與對照處理相差達5％顯著水準（表2），ABA處理後玉米幼苗乾重與對照處理無明顯差異，但鮮重則明顯減少。但在不同溫度下植物生長調節劑對玉米幼苗生育之影響並不一致，於30／25°C下TRIA施用5天後玉米幼苗之鮮、乾重有明顯的增加，於25／20°C下則需7天後玉米幼苗鮮、乾重才較對照處理高，但於低溫下（20／15°C）TRIA對玉米幼苗無促進作用，鮮、乾重與對照相較反有下降之趨勢，Ries等（1983）指出TRIA施用前之溫度會影響其作用效果，TRIA之效果與施用前溫度呈正相關。本試驗於不同控溫環境下探討TRIA之作用與溫度之關係，結果亦以30／25°C下處理TRIA之效果最大，於20／15°C下TRIA非但沒有效果反有抑制作用。就葉綠素含量之調查結果可以發現，於30／25°C下處理TRIA後1天起處理植株葉綠素含量明顯增加，且與對照差異達5％顯著水準。於25／20°C下處理TRIA後，植株葉綠素含量需至5天後才有顯著增加。另各處理間植株葉片內可溶性蛋白質含量並無顯著差異。故TRIA可能因增加幼苗葉綠素含量而有促進玉米幼苗生長之效果。於高溫時效果顯著而且快速，於中溫（25／20°C）時仍具效果，但需較長時間，才能使促進生長之效果表現出來，於低溫（20／15°C）下非但沒有促進生長之作用，反而有抑制生長之現象，但其原因仍不清楚。

ＡＢＡ爲一生長抑制劑通常與老化有關或爲植物處於逆境下之產物（Milborrow, 1974），於30／25°C及25／20°C下可對玉米幼苗之生長產生抑制現象，但未達5％顯著，可能因幼苗內生長促進物質（promotor）仍多，故噴施ＡＢＡ並不會產生抑制生長之作用，但於20／15℃下，因玉米幼苗於此種環境下爲處於低溫逆境之狀態，故生理機能衰退，生長促進物質產生量較少，故施用ＡＢＡ後可抑制玉米幼苗之生育，並使其鮮、乾重與對照相較明顯減少。故就本試驗所施用之生長調節劑而言，皆沒有改善玉米幼苗於低溫下生長之效果。

表2　生長調節劑對玉米幼苗生育之影響

	溫度	30／25°C			25／20°C			20／15°C		
	施藥後日數	TRIA	ABA	CK	TRIA	ABA	CK	TRIA	ABA	CK
鮮重（g）	0	1.05	1.05	1.05	0.69	0.69	0.69	0.620	0.620	0.62
	1	1.20	1.16	1.08	0.87	0.87	1.01	0.664	0.708	0.771
	3	1.57	1.47	1.49	1.05	1.20	1.28	1.08	0.801	1.0
	5	1.90	1.56	1.71*	1.35	1.52	1.34	1.04	1.21	1.05
	7	2.63	1.97	2.31*	1.57	1.80	1.37	1.15	1.16	1.30
	9	2.68	2.29	2.52*	2.10	1.74	1.67	1.20	1.40	1.60*
乾重（g）	0	0.095	0.095	0.095	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	1	0.097	0.096	0.095	0.088	0.094	0.079	0.079	0.080	0.092
	3	0.157	0.134	0.143	0.108	0.091	0.12	0.101	0.096	0.110
	5	0.193	0.163	0.172*	0.168	0.138	0.15	0.125	0.122	0.120
	7	0.29	0.226	0.237*	0.201	0.153	0.168*	0.138	0.144	0.162
	9	0.425	0.294	0.331*	0.307	0.247	0.211*	0.178	0.152	0.185
葉綠素 A(665)	0	0.551	0.551	0.551	0.457	0.457	0.457	0.401	0.401	0.401
	1	0.612	0.513	0.489*	0.452	0.454	0.421	0.412	0.414	0.409
	3	0.739	0.548	0.541*	0.393	0.348	0.381	0.385	0.352	0.39
	5	0.591	0.525	0.494*	0.452	0.364	0.361*	0.388	0.366	0.388
	7	0.452	0.408	0.449	0.357	0.387	0.344	0.357	0.351	0.405
	9	0.344	0.291	0.281	0.332	0.371	0.315	0.335	0.321	0.378
可溶性蛋白質 A(595)	0	0.301	0.301	0.301	0.379	0.379	0.379	0.385	0.385	0.385
	1	0.291	0.308	0.264	0.355	0.388	0.389	0.405	0.398	0.410
	3	0.371	0.402	0.401	0.246	0.141	0.191	0.154	0.145	0.176
	5	0.304	0.354	0.291	0.178	0.151	0.141	0.132	0.138	0.152
	7	0.252	0.291	0.292	0.163	0.275	0.148	0.130	0.127	0.146
	9	0.272	0.146	0.128	0.321	0.362	0.164	0.126	0.113	0.142

註：* 差異達5％顯著水準。

三、北部地區秋作玉米風害調查

本試驗係以熱電偶式手提風速計，於東北季風盛行之日至田間測量風速，經測量9天之結果，於空曠處平均風速爲6.2 ms^{-1}，最大風速可達9.5 ms^{-1}，最小風速亦在2.2 ms^{-1} 之間（如表3），可見北部地區10至11月間東北季風相當强烈。在玉米田區內，東北季風因受玉米植株遮擋後風速變小，平均風速爲3.3 ms^{-1}，爲空曠處風速之53.2%，但最大風速亦達5.3 ms^{-1}，最小風速爲1.4 ms^{-1}。在白千層防風林後所測得之風速較小，平均風速爲2.3 ms^{-1}，爲空曠處風速之37.1%，最大風速爲3.5 ms^{-1}，最小風速爲0.4 ms^{-1}。經紗網遮擋後風速亦明顯減少，在一層紗網後平均風速爲1.7 ms^{-1}，僅爲空曠處之27.4%，最大風速爲3.0 ms^{-1}，最小風速爲0.4 ms^{-1}，三層紗網後平均風速僅1.15 ms^{-1}，爲空曠處風速之18.5%，可使風速減少五分之四左右，最大風速爲2.2 ms^{-1}，最小風速爲0.05 ms^{-1}，在不同紗網處理內，於不同高度下其遮擋風速之效果不同，於地面10cm處所測得之風速最小，而以離地面二公尺處所測得之風速最大，於地面上1公尺處所測得之風速約爲2公尺處風速之三分之二，地面10cm處之風速約爲2公尺處風速之一半（表4）。所以不同高度處風速不同，以地面處風速最小，愈高則風速愈大，玉米爲高莖作物株高通常超過2公尺以上，而水稻則較矮小株高大約在1公尺左右，故玉米所受之風速爲水稻之1.5倍。一般於田間亦可觀察到玉米在强風吹襲後，首先爲雄穗被吹斷掉落，其次爲雌穗上方之葉片破裂，因而使葉片提早枯黃老化。

於遮風處理後不同距離處測量風速，可發現距遮風處理愈遠則遮風效果愈差（如表5），遮風處理後1公尺處之風速較遮風處理區後處風速增加16%，亦即阻風效果減少16%，於遮風處理後10公尺處，風速更大較遮風處理區後增加47%，故阻風效果已減少一半左右。

於試驗過程中除了東北季風外，於10月24至25日，有琳恩颱風來襲，並對玉米造成嚴重傷害，但此時亦更顯出遮風處理之效果，於颱風過後，在無處理區及白千層防風林後之玉米所有葉片皆破裂，故破葉率爲100%；但不同遮風處理區內則明顯的表現出遮風之效果，在一層紗網後遮風效果較差，葉片破損率爲76.7%，在二層紗網後遮風效果明顯改進，葉破損率爲36.7%，而三層紗網後遮風效果更佳，葉破損率僅20%（表6）。但由於颱風過後，對照區內及防風林處理區內玉米植株上葉片已完全破損，無法再進行葉破損率之比較。故以颱風前所調查得到之葉破損率代表東北季節風害所引起之葉破損比率。由表6可知，對照區內東北季風所引起之葉破損率爲22.9%，而三層紗網處理區內葉破損率僅11.4%，爲對照區之一半左右，而一層紗網及二層紗網之葉破損率相同皆爲14.3%，爲對照區之62%；白千層防風林之遮風效果不是非常良好；阻風率僅較無處理區內減少16%（表3）；故處理區內玉米植株因季節風所致葉破損率仍相當高爲20%，爲對照區之87%。

表3　不同遮風處理對風速遮蔽效果

調查日期	處理別*					
	空　地	玉米田內	防風林後	一層紗網	二層紗網	三層紗網
	m／sec	m／sec	m／sec	m／sec	m／sec	m／sec
10月14日	4.0	2.0	1.5	1.0	0.8	0.2
10月17日	2.2	1.4	0.4	0.4	0.4	0.05
10月19日	4.0	3.0	1.5	1.3	1	0.7
10月22日	9.0	3.0	2.8	2.5	1.8	1.5
10月23日	9.5	3.7	3.0	3.0	2.5	2.2
10月27日	8.5	3.0	2.5	2.1	1.3	1.1
10月28日	6.5	4.7	2.5	1.8	1.5	1.5
11月 3日	6.0	3.8	2.9	1.6	1.5	1.4
11月 5日	6.0	5.3	3.5	2.0	1.7	1.5
平　均	6.2	3.3	2.3	1.7	1.35	1.15
阻風率	100	53.2	37.1	27.4	21.8	18.5

註：*：空地：係指於試驗田區東北方向所測得之風速。

玉米田內：係指於玉米內東北方向二行玉米後所測得之風速。

防風林後：係指於白千層防風林後測得之風速。

一、二、三層紗網：係指應用一般所用白色尼龍紗網遮蔽後所測得之風速。

表4　不同遮風處理內不同高度下風速變化情形

遮風處理	風速（m／sec）			阻風比率**		
	地　面	1 m	2 m*	地　面	1	2
一層紗網	1.4	2.0	3.0	20.5	30.0	45.0
二層紗網	1.3	2.0	2.8	20.0	30.0	42.0
三層紗網	1.04	1.7	2.5	15.5	25.0	37.5

註：*：地面：係指離地面 10 cm處所測得風速。

1 m：係指離地面 1 m處所測得風速。

2 m：係指離地面 2 m處所測得風速。

**：阻風比率：係以平均風速 6.75 m／sec換算而得。

表5　遮風處理後不同距離風速變化情形

遮風處理	風速（m／sec）			阻風比率**		
	0m	1m	10m*	0	1m	10m
一層紗網	1.8	2.5	2.5	26.7	30.0	37.3
二層紗網	1.7	2.1	2.4	25.0	31.0	36.0
三層紗網	1.4	1.6	2.3	21.2	23.4	33.6

註：* 0、1、10 m係指於離紗網多遠處所測得之風速。
　　**阻風比率：係以平均風速6.75 m／sec 換算而得。

表6　遮風處理後株高及破損葉片之差異

項目	處理別				
	一層紗網	二層紗網	三層紗網	防風林	對照
株高（cm）	187.5 a	189.3 a	189.9 a	190.2 a	183.9 b
葉數	13.1 a	13.2 a	13.3 a	13.2 a	12.9 b
颱風後破葉數*	12.2 a	12.1 a	11.8 a	14.0 b	14.0 b
颱風後葉破損率	76.7 c	36.7 b	20.0 a	100.0 d	100.0 d
季節風破葉數**	2.0 a	2.0 a	1.6 a	2.8 b	3.2 c
季節風葉破損率	14.3	14.3	11.4	20.0	22.9

註：　*：颱風係指10月24、25日琳恩颱風。
　　**：季節風係指本區10月後之東北季風。

由於東北季風及颱風導致對照區內玉米植株葉片完全破裂，故遮風處理區與對照區間產量有明顯的差異，一層紗網處理與對照處理間產量差異不顯著；但二層紗網處理及三層紗網處理之產量與對照處理相較，差異皆達5％顯著水準（表7）；分別較對照處理增產15及20％。試驗結果雖然以白千層防風林下產量最高；但防風林處理因受限於防風林種植處，並未能做逢機處理，可能由於邊際效果及地力而使產量增加，導致雖然白千層防風效果比一層紗網處理低，但產量卻最高之結果。故本試驗中防風林處理區產量僅能做為參考用。

表7　遮風處理後農藝性狀之差異

農藝性狀	處理別				
	一層紗網	二層紗網	三層紗網	防風林	對照
穗長（cm）	17.5 a	17.7 a	19.1 a	18.0 a	16.8 b
穗重（glear）	170.6 a	180.5 a	187.5 a	186.0 a	164.0 b
每穗行數	14.4 b	15.0 a	15.1 a	14.7 a	14.1 b
每行子粒數	23.8 b	24.9 a	26.0 a	24.6 a	23.4 b
百粒重（g／100 kernel）	20.3 b	20.0 b	21.5 a	22.1 a	18.9 c
產量（kg／ha）	2640 b	2995 a	3120 a	3130 a	2605 b

四、季節風害下生長調節劑對玉米株高及乾物質生產與分配之影響

㈠秋作：

由上述之試驗得知東北季風對玉米產量影響甚鉅，另不同高度風速不同，於離地面2公尺處風速為離地面1公尺處之1.5倍，風速雖可經由不同遮風方式減少對作物生育之影響；但所需花費皆相當高，因此乃欲借用不同的植物生長阻礙劑降低玉米株高以達減少風害之目的。

以生長阻礙劑降低玉米株高之處理，係於玉米齊膝期施用一次，以及於齊膝期及雄穗抽出前7天各施用一次等二種不同處理。於齊膝期施用一次所得之結果如表8；就株高而言：施用益收生長素後株高明顯的較其他處理為低；且效果可延至成熟期；至成熟期益收生長素處理區株高為無處理區之72％，而其他各處理對株高之抑制作用無明顯效

果。使用益收生長素不但可使玉米株高明顯下降，且產量為各處理中最高，較無處理區增產3.4％，但未達顯著水準，於試驗中並可以發現：使用益收生長素後可將雌穗以上節位，節間長度明顯縮小，因此可減少風害。但此種現象亦會導致玉米螟較其他處理更為嚴重，故如玉米螟防範得宜，益收生長素處理區之產量將可望更高，至於為何施用益收生長素後玉米螟為害率增加之原因是因株高降低風害減少，故玉米螟較喜好寄生，或因雌穗上節間縮短故玉米螟較易為害，或因益收生長素施用後產生乙烯氣體對玉米螟具吸引力等；目前並無此方面資料可供佐證，乃有待進一步探討。亞拉生長素處理後對株高無抑制之作用（表8），但葉片上有藥斑出現，導致植株變得較為瘦弱，施藥後35天莖寬明顯的較對照處理為小，故產量最低，與對照區產量差異達5％顯著，所以不適於做為抑制玉米株高之藥劑。克美素及協養旺－CA，二處理不論株高及產量與對照處理間無明顯差異，故於齊膝期施用此二種藥劑對玉米之生育無影響。

表8　於齊膝期施用生長阻礙劑對玉米農藝性狀之影響（1987，秋作）

農藝性狀	處理代號*									
	1		2		3		4		5	
施藥後15天株高（cm）	101.4	b	137.6	a	140.3	a	153.0	a	142.3	a
施藥後15天莖寬（cm）	21.4	b	21.4	b	21.6	b	21.5	b	22.5	a
施藥後35天株高（cm）	111.4	c	160.5	b	168.1	a	162.9	a	160.4	b
施藥後35天莖寬（cm）	20.1	b	19.1	c	20.6	b	21.3	b	22.1	a
施藥後35天穗位高（cm）	60	b	87.1	a	85	a	82.8	a	80.4	a
成熟期株高（cm）	114.2	b	158.8	a	164.8	a	160.2		157.9	a
穗重（g／ear）	130.8	b	130.5	b	131.9	b	142.2	a	140.7	a
穗長（cm）	20.6	a	18.5	b	17.3	b	18.0	b	17.9	b
每穗行數	15.1	a	14.6	a	14.8	a	15.1	a	15.0	a
每行子粒數	27.7	b	28.4	b	26.8	c	28.9	b	31.8	a
百粒重（g／100 kernel）	16.0	a	15.8	a	14.6	b	14.7	b	14.5	b
產量（kg／ha）	3970	a	3643	b	3800	a	3830	a	3840	a
順位	1		5		4		3		2	
鮮草重（ton／ha）	7.18	a	6.48	a	5.88	b	6.18	b	6.18	b

註：*：處理別 1. Ethrel　：1000 ppm
2. Alar　：1000 ppm
3. CCC　：1000 ppm
4. Abion-C：1000倍
5. 無處理（CK）

英文字母不同者代表平均值經Duncan's Multiple Range Test後差異達5％顯著水準。

於齊膝期及雄穗抽出前 7 天各施用一次生長阻碍劑所得之結果如表9，益收生長素處理後玉米株高明顯的受到抑制，僅及對照處理之64%；而且施用後莖寬明顯減少；植株呈瘦弱狀；及出現無雄穗植株，再加上玉米螟爲害程度較其他處理區高，故產量明顯減少，僅爲對照處理之 62 %，可能由於施藥二次導致劑量過高，植株產生藥害，呈虛弱狀並產生部份不孕穗，故產量明顯減少，亞拉生長素處理區株高沒有受到抑制，但莖寬明顯減少，故產量僅及對照處理之 83 %，差異達極顯著。另克美素及益養旺－C A 處理雖施用二次，但對玉米株高及生育皆無影響；產量亦與對照處理無顯著差異。

表 9 ：於齊膝期及其後 7 天各施用生長阻碍劑一次對玉米農藝性狀之影響（ 1987 ，秋作）

農藝性狀	處理代號*				
	1	2	3	4	5
施藥後 8 天株高（cm）	84.4 c	122.8 b	139.8 a	131.7 a	135.4 a
施藥後 8 天莖寬（cm）	19.9 a	20.3 a	21.8 a	21.5 a	20.6 a
施藥後 28 天株高（cm）	90.0 c	142.5 b	161.1 a	159.3 a	143.3 b
施藥後 28 天莖寬（cm）	18.5 b	17.9 b	20.7 a	19.8 ab	20.4 a
施藥後 28 天穗位高（cm）	56.1 b	74.8 a	79.4 a	79.1 a	71.6 a
成熟期株高（cm）	90.5 b	140.4 a	159.2 a	158.1 a	141.4 a
穗重（g／ear）	115.2 b	132.9 a	130.0 a	125.7 b	121.5 b
穗長（cm）	13.5 b	18.9 a	17.0 a	18.3 a	17.0 a
每穗行數	14.8 a	14.0 a	14.4 a	14.6 a	15.1 a
每行子粒數	18.7 c	29.4 a	30.3 a	28.4 a	27.9 b
百粒重（g／100 kernel）	18.6 a	16.5 b	14.1 c	14.9 c	14.9 c
產量（kg ／ ha ）	2290 c	3035	3750 a	3715 a	3685 a
順位	5	4	1	2	3
鮮草重（kg ／ ha ）	7.18 a	7.43 a	6.38 b	5.88 c	5.70 c

註：*：處理代號之說明同表 8 。

(二)春作：

於齊膝期施用生長阻礙劑益收生長素可明顯降低玉米株高（如表10），據調查結果施藥3天後，株高即明顯的較其他處理爲低，至成熟期益收生長素處理區株高148.8cm僅爲對照處理之84.4%，且可減少植株之倒伏性，經調查植株與地面垂直線之角度（表11），得知僅有益收生長素處理區之植株至成熟期仍保持直立，植株基部無彎曲現象，而其他各處理植株基部皆有彎曲現象，與地面呈大約30°，雖然未完全倒伏，但已呈傾斜狀態，使植株葉片間有遮蔽之現象，減少陽光之接受面。但施用益收生長素者無上述之現象。各處理產量調查結果如表10，以益收生長素處理產量最低，僅爲對照處理

表10　於齊膝期施用生長阻礙劑對玉米農藝性狀之影響
（1988，春作）

農藝性狀	處理代號*									
	1		2		3		4		5	
施藥後 3天株高（cm）	55.8	c	71.5	a	74.2	a	67.0	b	70.5	a
施藥後 7天株高（cm）	63.3	b	91.8	a	95.6	a	92.3	a	102.8	a
施藥後15天株高（cm）	89.5	b	128.3	a	135.5	a	127.3	a	128.5	a
施藥後23天株高（cm）	128.8	b	172.5	a	165.8	a	175.0	a	172.5	a
施藥後31天株高（cm）	127.5	b	178.8	a	169.5	a	168.8	a	167.5	a
施藥後48天株高（cm）	145.0	b	178.0	a	170.2	a	167.5	a	168.8	a
施藥後58天株高（cm）	148.8	b	176.3	a	183.8	a	173.7	a	176.2	a
穗重（g／ear）	185.5	c	196.0	b	201.0	ab	201.0	ab	213.0	a
穗長（cm）	14.4	c	15.3	ab	14.9	b	15.3	ab	15.9	a
百粒重（g／100 kernel）	25.2	a	22.7	c	22.4	c	23.4	b	23.9	a
每穗行數	14.8	a	15.5	a	15.8	a	15.3	a	15.5	a
每行子粒數	32.5	b	36.8	a	34.8	ab	36.5	a	36.8	a
產量（kg／ha）	4680	c	4940	b	5140	a	5180	a	5320	a
順位	5		4		3		2		1	

註：*：同表8。

表 11　於齊膝期施用生長阻碍劑對玉米植株倒伏性之影響（1988，春作）

施藥後天數	處理代號[1]				
	1	2	3	4	5
23	0[2]	31.4	28.5	21.6	27.6
31	0	26.6	18.4	41.9	28.2
48	0	31.5	26.0	26.0	31.1
58	1.5	33.8	21.8	34.2	32.3
平均	0.4	30.8	23.7	30.9	29.8

註：1.同表 8。
2.表內數字為植株傾斜角度，係指植株基部與地面垂直線所呈之角度，如此角度為 0 時，則表示植株直立，如為 90° 時表示植株倒伏於地面。

表 12　於齊膝期及雄穗抽出前 7 天各施用生長阻碍劑一次對玉米農藝性狀之影響（1988，春作）

農藝性狀	處理代號*									
	1		2		3		4		5	
施藥後 16 天株高（cm）	120.0	c	168.7	a	170.0	a	170.0	a	156.3	b
施藥後 24 天株高（cm）	112.5	b	168.8	a	170.0	a	172.0	a	161.3	a
施藥後 41 天株高（cm）	113.0	c	163.3	b	167.5	b	186.0	a	163.8	b
施藥後 51 天株高（cm）	132.5	c	168.8	b	172.5	b	186.0	a	173.7	b
穗重（g／ear）	165.0	b	192.5	a	201.0	a	193.0	a	190.5	a
穗長（cm）	15.3	a	15.8	a	15.8	a	15.3	a	15.5	a
百粒重（g／100 kernel）	24.6	a	23.5	ab	23.4	ab	23.2	b	23.1	b
每穗行數	15.3	a	15.8	a	15.8	a	15.3	a	15.5	a
每行子粒數	33.0	b	37.0	a	37.0	a	35.5	a	36.8	a
產量（kg／ha）	4300	b	4900	a	4900	a	4920	a	5120	a
順位	4		3		3		2		1	

註：*：同表 8。

之88％，益收生長素處理後雖然百粒重最高，但因穗頂充實不良之現象特別明顯，每穗行數明顯減少，此為其減產之主要原因。百粒重較大的原因可能係因每穗子粒數偏低原因所致，每穗粒數減少之原因可能係因益收生長素施用後明顯的減少雌穗以上節位節間，導致雌穗上葉片對花絲有遮蔽之作用，因而受粉不良故每穗粒數減少。亞拉生長素施用後如同秋作，會於葉片上形成藥斑，故產量亦較對照處理減產7.1％，達5％顯著水準，其減產之原因為百粒重最低，可能係因亞拉生長素施用後莖寬明顯減少，導致子粒充實期因莖部貯藏之碳水化合物供源不足，故百粒重最低。另克美素及昒養旺一CA處理如同秋作，對玉米株高及生育影響不大，產量與對照處理相較亦無明顯差異。

於齊膝期及雄穗抽出前7天各施藥一次之結果如表12。益收生長素處理者株高明顯下降，成熟期株高僅132.5㎝，僅為對照處理之76.3％，產量調查結果益收生長素處理者亦明顯為低，僅4300 kg ／ ha，為對照處理產量之84％，差異達極顯著，益收生長素施用二次之結果，如同施用一次皆會使玉米穗頂充實不良現象特別明顯，每行子粒數明顯減少為減產之主因。另亞拉生長素、克美素及昒養旺一CA處理之產量皆低於對照處理，且比僅施用一次生長調節劑各處理為低，雖未達顯著水準，但這些生長調節劑於玉米生產上並無利用之價值。

益收生長素施用後由於酸鹼度的變化而可持續穩定的釋放出乙稀（Warner 和Leoprld, 1969）因而產生調節作物生長的作用，尤其是園藝作物施用益收生長素對果實促熟及脫落作用特別有效（de Wilde, 1971）。另外對多種作物皆具有抑制株高之作用（Sach 和Hackett, 1972）；於禾穀類作物益收生長素因可減少倒伏而使產量增加（Dahnous等，1982）。於玉米亦有一些報告指出有抑制株高之效果（Earley和Slife, 1969；Langan與Oplinger, 1987），但對增產之作用不穩定或反有減產之現象。一般而言，玉米施用益收生長素有降低株高、穗位高，減少葉面積，使雄穗變小，不孕雌穗增加，增加支持根數以及減產等現象（Earley 和Slife, 1969），於本試驗中亦發現如於生育期中施用二次益收生長素亦會導致上述等現象，但施用一次則於春作有上述之現象，但秋作因株高降低可減少風害故反而增產。另據Langan與Oplinger（1987）指出於雄穗抽出前一週施用可降低株高10％左右。但本試驗於雄穗抽出前二週施用，對株高降低之效果已非常明顯，於秋作減少43㎝，於春作減少28㎝，分別減少18及16％（表8，10），故益收生長素降低株高之作用與施用時期有關，Langan與Oplinger（1987）亦認為不同生育時期施用益收生長素其作用情形不同。愈早施用作用愈大，但此點仍有待繼續探討。

五、生長阻碍劑施用後對玉米乾物質生成與分配之影響

生長阻碍劑施用一次後玉米乾物質生成與分配之結果如表13，於施用後23天調查可以發現益收生長素使玉米生育明顯受阻，處理後葉、稈及地上部總乾重明顯的較對照處理為低，總乾重僅為對照處理之56.5％；但於生育後期總乾重與對照處理間之差異較少，至成熟期總乾重為對照處理之89.5％雖然益收生長素處理後分配比較高，但由於總

乾物質生成量較少，故產量仍比對照處理低。亞拉生長素處理後分配比反而降低，故產量亦比對照處理低。克美素及盼養旺－CA處理乾物質生成量及分配比與對照處理相似。

於齊膝期及雄穗抽出前7天各施用生長阻礙劑一次後玉米乾物質生成與分配之調查結果如表14。其結果與施用一次者之結果相彷，施用益收生長素後玉米生育受阻，乾物質之生成明顯受阻，至成熟期此種現象仍然存在，總乾物重僅為對照處理之75.1%，雖然益收生長素處理分配比較高，但因乾物質生成量較少，故產量仍然最低。

表13　於齊膝期施用生長阻礙劑對玉米乾物質分配之影響（1988，春作）

施藥後天數	調查項目	處理代號[1]				
		1	2	3	4	5
23	葉（g）	21.6	36.5	33.3	34.2	31.4
	稈（g）	90.0	140.0	168.8	131.3	166.3
	總重（g）	111.6	176.5	202.1	165.5	197.7
31	葉（g）	35.8	36.7	34.8	33.5	31.9
	稈（g）	177.5	165.8	195.0	187.0	220.0
	總重（g）	213.3	202.5	229.8	220.5	251.9
48	葉（g）	26.0	36.4	39.5	37.1	42.9
	稈（g）	93.8	138.8	111.3	110.0	140.0
	穗（g）	131.3	140.0	156.3	176.3	123.8
	總重（g）	251.1	315.2	307.1	323.4	306.7
58	葉（g）	28.7	44.1	44.4	35.8	40.8
	稈（g）	97.6	128.8	137.5	126.3	127.5
	穗（g）	180.0	172.5	183.8	173.8	173.8
	總重（g）	306.3	345.4	365.7	335.9	342.1
	分配比%[2]	58.8	49.9	50.3	51.7	50.8

註：1.同表8。

註　2.分配比＝穗重／總重

表 14　於齊膝期及雄穗抽出前7天各施用生長阻碍劑一次對玉米乾物質分配之影響（ 1988 ，春作）

施藥後天數	調　查　項　目	處　理　代　號[1]				
		1	2	3	4	5
16	葉　（g）	20.8	33.7	35.2	27.4	27.6
	稈　（g）	97.5	146.3	161.3	165.0	138.7
	總　重（g）	118.3	180.0	196.5	192.4	165.3
24	葉　（g）	37.3	29.2	27.9	34.9	33.3
	稈　（g）	153.8	190.0	172.6	182.5	158.8
	總　重（g）	191.1	219.2	200.5	227.4	192.1
41	葉　（g）	32.1	36.8	39.4	36.3	40.5
	稈　（g）	73.8	165.0	137.6	122.6	85.1
	穗　（g）	105.0	108.8	107.5	147.5	192.5
	總　重（g）	210.9	310.6	284.5	306.4	318.1
51	葉　（g）	18.8	26.0	35.5	27.4	36.5
	稈　（g）	72.6	115.1	102.5	98.8	121.3
	穗　（g）	168.8	197.5	161.3	183.8	188.8
	總　重（g）	260.2	338.6	299.3	310.0	346.6
	分 配 比 %[2]	64.9	58.3	53.4	59.3	54.5

註：1 、 2 之說明同表 13 。

由上述結果得知，於本試驗所使用之藥劑中益收生長素有抑制玉米株高之作用，並使植株直立而不會倒伏，於秋作因株高降低風害減少而有增產之效果，於春作，因無風害之情形，但施用益收生長素會致使植株生育受阻，乾物質生成量減少以及受粉不良等因素而導致產量減少，尤以施用二次者最爲明顯，故以於齊膝期施用一次較爲適宜，同時施用濃度則仍有待進一步探討。

參考文獻

1. 王強生、曹紹徽、劉大江， 1985 ，玉米台農 351 穗頂不充實原因之探討。中華農業研究，34(3)： 226 － 278 。

2. 林安秋，1980，氣候及生長季節與台灣雜糧增產。科學農業 28：13－14。
3. 曾文柄、楊之遠，1984，台灣地區農業氣候資源應用之研究。中央氣象局編印。
4. 楊之遠，1984，風對水稻生長及生理特性之影響。國立台灣大學農藝研究所博士論文。
5. Arnon, D. I. 1949. Cooper enzymes in isoluted chloroplast polyphenoloxidiase in beta Volgaris. Plant Pysiol. 24: 1-15.
6. Bradford, M.M. 1976. A repid and senstive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-252.
7. Dahnous, K., G. T. Virgus, A.G. Law, C.F. Konzak, and D.G. Miller. 1982. Height and yield response of selected wheat, barley, and tritical cultivars to ethephone. Agron. J. 74: 580-582.
8. deWilde, R.C. 1971. Practical applications of (2-chloroethyl)-phosphonic acid in agricultural production. HortSci. 6(4): 12-18.
9. Earley, E.B., and F.W. Slife. 1969. Effect of ethrel on growth and yield of corn. Agron. J. 61: 821-823.
10. Jackson, M.B., M.C. Drew, and S.C. Giffard. 1981. Effects of applying ethylene to the root system of Zea mays on growth and nutrient concentration in relation to flooding tolerance. Physiol. Plant. 53:23-28.
11. Langan, T.D., and E.S. Oplinger. 1987 Growth and yield of ethephon treated maize. Agron. J. 79: 130-140.
12. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Vol: 1, Chilling, freezing, and high temperature stress (2nd Ed.), Academic Press, New York.
13. Lyons, J.M. 1973. Chilling injure in plants.Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 455-466.
14. Meidema, N.M. 1983. The effect of low temperature on Zea mays. Adverance in Agronomy 35: 93-124.
15. Milborrow, B.V. 1974. The chemistry and physiology of abscisic acid. Ann. Rev. Plant Physiol. 25: 259-307.
16. Ries, S.K., and R. Houtz. 1983. Triacontanol as a plant growth regulator. HortSci. 18(15): 654-662.
17. Sachs, R.M., and W.P. Hackett. 1972. Chemical inhibition of plant height. HortSci. 7(5): 440-447.
18. Tseng, M.J., and P.H. Li. 1984. Mefluidide protection of severly chilled crop plants. Plant Physiol. 75: 249-250.
19. Warner, H.C., and A.C. Leopold. 1969. Ethylene evolution from 2-choloroethyphosphonic acid. Plant Physiol. 44: 156-158.

THE EFFECT OF ENVIRONMENT STRESS ON THE GROWTH OF MAIZE IN THE NORTHERN AREA OF TAIWAN

Ming Jen Fan, Chin Chyu Tu
Taiwan Agricultural Research Institute
and
Chun Chu
National Taiwan University

ABSTRACT

Corn seedlings were planted in different temperature such as 25°C, 15°C and 10°C to investigate the effect of chilling stress on the growth of maize. The seedlings grow at 15°C and 10°C showed the chilling stress response. The plant height, fresh weight and dry weight of the 46 day-old seedlings at 10°C were 60%, 50% and 60%, respectively, compared with the 22 days old seedlings at 25°C. It showed that the growth of corn seedling at 10°C was retarded owning to cold stress.

Growth regulator triacontanol (TRIA) 1×10^{-6} g/l or abscisic acid (ABA) 1×10^{-4} M was applied on 7 day-old seedlings. Based on the result of 5 to 7 days after treatment, TRIA showed in promotion of dry and fresh weight of seedlings in compared to untreated ones. Temperature will influence the result of the application of TRIA. TRIA treatment was more effective at higher (day temperature 30°C, night temperature 25°C) than at lower temperature (day temperature 20°C, night temperature 15°C). ABA treatment gave lower dry and fresh weight at 7 to 9 days after treatment. ABA showed more inhibition on the growth of corn seedlings at lower temperature.

There have strong monsoon in northern area of Taiwan from October till March, which will reduce the productivity of corn. The yield of maize which was planted in area without protection was reduced 16.8% compared with those was planted behind trees as fence to protect from the wind damage. Two or three layers of plastic net could also reduced wind speed 78.2% and 84.5%, respectively, compared with the wind speed of open field. And thus, yields of those maize were higher than those without protected. Four kinds of plant growth retardent, Ethrel, Alar, C.C.C. and Abion-CA were used to compare there effects on the plant height and yield of corn. The results indicated that distinguished effect on the plant height was obtained when Ethrel was applied to 50cm high corn plants. Plant height was reduced about 28% and yield was increased by 3.4% in autumn crop. Plants treated with Ethrel standed errect, while others will slope about 30 degree in field at the harvest time.

第六章 綜合討論

本研究為探討玉米光合成物質生產與分配之關係，首先建立三個研究系統：

（一）利用台農 351號具有穗頂充實不良之特性，以探討穗部上下位子粒內生荷爾在光合成物質分配上所居調節之功能。

（二）利用本省北部地區春秋二作，氣象條件之差異性且各具不同的逆境，以探討氣象環境對玉米光合成物質生產與分配之影響。

（三）藉著農作上必行的操作，即氮肥的管理，以不同氮肥用量，及不同的施用時期，以探討因氮肥管理對光合成物生產與分配之影響。

以上皆本著儘量不改變或破壞玉米自然的生理現象，並配合本省玉米栽培方法的原則下，在學理上擬探討植物荷爾蒙在光合成物生產與分配所居之調節作用，在實用上則期能由於瞭解玉米光合成生產與分配之行為，以期能突破目前玉米生產之瓶頸，做為育種之參考，以及做為省工栽培法之依據。最後則利用北部地區氣象環境所存有的低溫及季節風害，應用上述研究之基礎，於田間探討施用植物生長調節劑於逆境下反應及對玉米生育及產量之影響。

在期作生長模式之探討上發現，氣象對玉米生育及乾物質生產與分配之影響很大，春作由於玉米生育初期氣溫仍低，且日照時數偏低，影響營養生長期植株之發育，導致生殖器官初期的發育及分化受到影響，故雖然於子粒充實期氣溫高日照充足，葉部所生產的光合成物質供源充足，但因積儲器官容積受限，故於子粒充實期，葉莖重仍然繼續增加之現象，充分的顯示於子粒充實期，供源充足而積儲容積為產量之限制因子。秋作玉米營養生長期生長良好，積儲器官之發育亦未受到限制，但至子粒充實期由於東北季風強烈，葉片破裂，影響光合成物質之生產與分配，導致子粒充實較差，故子粒充實期供源能力為產量之限制因子。春作玉米生育期較長，而秋作生育期較短，一些學者認為在生長季節較長之地區，玉米產量之限制因子為積儲 (Hanway, 1962; Allison 和 Watson, 1966; Early 等, 1967; Prine, 1971; Goldsworthy和 Colegrove, 1974; Yamaguchi, 1974b ; Allison等, 1975; Hunter 等, 1977)； 反之於生育季節較短之地區，供源為產量之限制因子 (Hunter, 1980)， 與本篇之結論相符。

在氮肥管理之試驗結果亦顯示北部地區玉米春秋二作之施肥管理宜有所不同，秋作穗肥宜多，但春作則需注意生育初期氮肥之施用，此結果亦與植株乾物質累積情形相吻合，春作產量之限制因子為積儲器官之發育，故宜增加追肥之氮肥用量以促進幼穗之發育，而秋作產量限制因子為子粒充實期間葉片所提供之供源不足積儲所需，故較多之氮肥於穗肥施用，可促進葉部之光合作用，以提供較多之供源。

玉米台農 351號具有高產潛力（萬等，1986），但其穗頂充實較差，使穗頂部位子粒數及積儲容積減少，由試驗結果顯示台農 351號穗上、下位子粒不論鮮重，乾重，水分含量，可溶性蛋白質含量皆有明顯的差異。而下位子粒內生 IAA含量於生育初期明顯的高於上位子粒，上下位子粒間 IAA含量高峰亦相差2～3個生育時期，秋作下位子粒 IAA含量高峰期較上位子粒早 3個時期，於春作早1～2個時期，此點與子粒間充實特性以及秋作上下位子粒充實性相差較大之結果相符合。王等 (1986) 認為台農 351號因上、下位穎花與子粒在分化、發育方面有時序差異，使下位子粒具有較高的積儲強度，對上位子粒之充實產生競爭與抑制作用，Bangerth 等 (1985)在小麥發現子粒內生 IAA含量與子粒乾物質累積有正相關，Evans (1972)亦認為荷爾蒙可能為子粒間競爭光合成物質之調節物質。Sorrells等 (1978)認為玉米上位穗對下位穗發育之抑制作用是透過 IAA來傳達。由本試驗結果亦可發現上下位子粒間對養分之競爭能力可能是由 IAA所調節。

故由本篇中所使用的三系統可得－作物供源－積儲間交感對產量影響之模式圖（圖6～1）。作物內在所攜帶的遺傳訊息－基因，控制蛋白質的合成，因而表現於作物的生理與形態性狀，然而外在因子如作物栽培環境中氣象以及土壤所能提供之養分，亦會影響到作物生理、形態性狀之表現。作物生理形態性狀可分為供源器官，積儲器官之發育及乾物質在其間的分配，供源可由供源大小及活力所代表，通常可由葉冠層結構及葉部光合作用能力來表示。積儲可用積儲活力及積儲容積大小來代表，積儲活力可因外加氮肥用量及植物荷爾蒙而改變，積儲大小一般由穗數，子粒數，子粒重所共同表現，穗數與氮肥施用量多寡有關，多穗型玉米增施氮肥可增加穗數，溫度和雨量可影響子粒數，胚乳細胞數目較多則子粒重較大。但積儲及供源之表現除了上述之可能因子外，最主要的因子乃在於積儲供源相互間交互影響之結果，於生育初期供源充足，積儲器官之發育健全，反之如供源不足，則胚乳細胞數目每穗數粒數皆有減少之趨勢導致積儲變小，此為供源影響積儲之現象。健全的積儲可促進供源提供較多之光合成物質，促使供源活力加大，並延緩供源之老化。反之如積儲不足，則因蔗糖累積於葉部，非但降低葉部之光合作用速率，且有加速率葉片老化，此為積儲對供源之影響，然而在供源與積儲交互影響中，皆是經由作物本身內在調節機制所控制。

依據 Waring 等 (1979) 認為 IAA有長距離促進蔗糖轉運之功能，本篇中亦發現種子發育行為上與 IAA含量有關以及 IAA與子粒生長及最終產量呈正相關之結果推論 IAA可能在玉米種子發育過程中屬於調節供源－積儲交互影響的傳遞者。

The role of source-sink interactions in cereal in controlling yield.

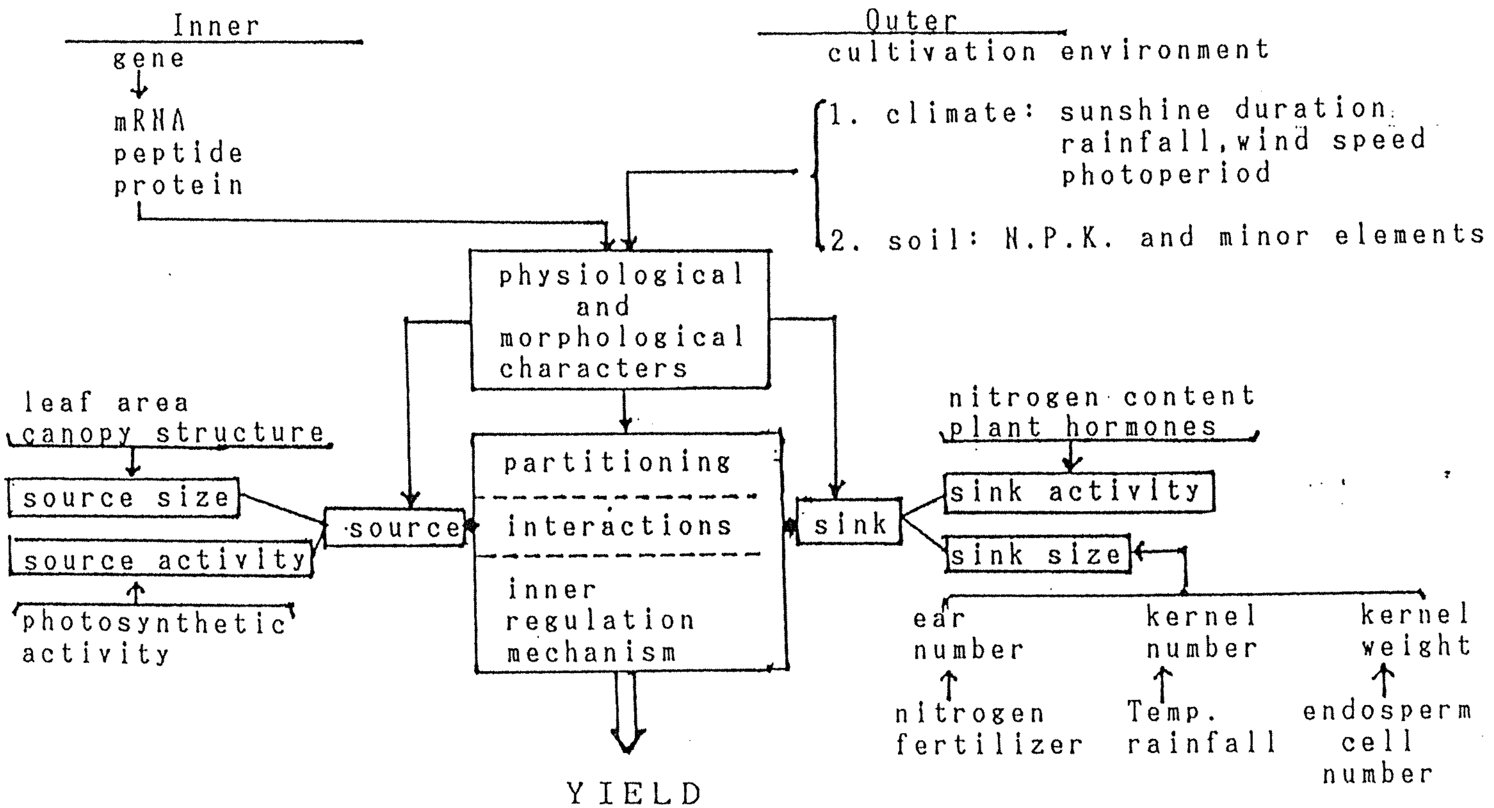


圖 6-1 :供源,積儲交感與作物產量控制之關係.

Fig. 6-1 :The role of source-sink interactions in cereal in controlling yield.

參考文獻

松島省三 (1980) 窒素施用時期と登熟步合との關係，稻作の改善と技術。株式會社養賢堂 P：10-16。

王強生、曹紹徽、劉大江 (1985) 玉米台農 351穗頂不充實原因之探討。中華農業研究34 (3)：266-278。

朱鈞、范明仁 (1985) 利用酵素免疫分析法檢測植物內生荷爾蒙。科學發展月刊13：1085-1098。

林安秋 (1980) 氣候及生長季節與臺灣雜糧增產。科學農業28：13-14。

陳成、陳耀煌、李成章、周徵茂 (1985) 玉米在不同地域及週年栽培環境下之穩定性。中華農學會報新 130：24-35。

曾文柄、楊之遠 (1984) 臺灣地區農業氣候資源應用之研究。中央氣象局編印。

萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里 (1986) 單雜交玉米台農 351育成。中華農業研究35 (1)：23-36。

楊之遠 (1984) 風對水稻生長及生理特性之影響。國立臺灣大學農業研究所博士論文。

農業氣象旬報 (1981-1984)中央氣象局氣象科主編。

范明仁 (1987) 玉蜀黍光合成物質生產與分配。國立臺灣大學農藝學研究所博士論文。PP：32-60。

范明仁、朱鈞 (1988) 氮肥施用量及施用時期對玉蜀黍乾物質生產與分配之影響。中華民國農學團體七十七年聯合年會特刊。PP：140-166。

范明仁、朱鈞 (1987) 不同氮肥管理對玉蜀黍品種間乾物質生產與分配之影響。雜作簡報29：235-244。

范明仁、朱鈞 (1989) 玉米子糧於充實期間內生荷爾蒙含量之變化。玉米生理遺傳與育種研討會論文集。中央研究院植物研究所專刊第七號。PP：75-97。

范明仁、杜金池、朱鈞 (1989) 北部地區主要自然災害對玉米生育之影響及改善措施試驗。臺灣地區農業氣象資源應用研討會專輯。PP：331-347。

Ackerson, R.C. (1984,a) Regulation of soybeans embryogenesis by abscisic acid. J. Exp. Bot. 35:403-413.

Ackerson, R.C. (1984,b) Abscisic acid and precocious germination in soybeans. J. Exp. Bot. 35:414-421.

Allison, J.C.S., J.H.H. Wilson and J.H. Williams (1975) Effect of defoliation after flowering on changes in stem and grain mass of closely and widely spaced maize. Rhod. J. Agric. Res. 13:145-147.

Allison, J.C.S. and D.J. Watson (1966) The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Ann. Bot. 30:365-381.

Anderson, E.L., E.J.Kamprath and R.H. Moll(1984) Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. Agron. J. 76:397-404.

Arnon, D.I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts-polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24:1-15.

Asghari,M. and R.G.Hanson (1984) Climate, management, and N effect on corn leaf N, yield, and grain N. Agron, J. 76:911-916.

Balko,L.G., and W.A.Russell (1980) Response of maize inbred lines to N fertilizer. Agron. J. 72:723-728.

Bandurski, R.S. and A. Schulze. (1977) Concentration of indole-3-acetic acid and its derivatives in plants. Plant Physiol. 60:211-213.

Bangerth, F., W. Authammer and O. Baum. (1985) IAA level and dry matter accumulation at different positions within a wheat ear. Physiol. Plant. 63:121-125.

Barendse, G.W.M. and P.H. van de Werken. (1980) High-performance liquid chromatography of gibberellins. J. Chromat. 198:449-455.

Below,E.F.,L.E.Christensen,A.J.Reed and R.H.Hageman (1981) Availability of reduiced N and carbohydrates for ear development of Maize. Plant Physiol. 68:1186-1190.

Bigeriego, M.,R.D.Hauck, and R.A.Olson (1979) Uptake, translocation and utilization of N-depleted fertilizer in irrigted corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:528-533

Bonnett, O. (1960) Inflorescences of maize, wheat, rye,

barley and oats: Their initiation and development. Ill. Agri. Expt. sta. Bull. 721.

Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.

Brenner, M.L. (1981) Modern methods for plant growth substance analysis. Ann. Rev. Plant Physiol. 32:511-538.

Brenner, M.L., B. Burr, and F. Burr. (1977) Correlation of genetic vivipary in corn with abscisic acid and concentration. Plant Physiol. 59-S:76.

Chourey, P.S. and O.E. Nelson. (1976) The enzymatic deficiency conditioned by the shrunken-1 mutant in maize. Biochem. Gen. 14:1041-1055.

Dahnous, K.,G.T. Virgus, A.G. Law, C.F. Konzak, and D.G. Miller. (1982) Height and yield response of selected wheat, barley, and tritical cultivars to ethephone. Agron. J. 74:580-582.

deWilde, R.C. (1971) Practicl applications of (2-chloroethyl)-phosphonic acid in agricultural production. HortSci. 6(4):12-18.

Duncan, W.G. (1971) Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis. Crop Sci. 11:482-485.

Duncan, W.G. (1973) Insolation and temperature effects on maize growth and yield. Crop sci. 16:187-191.

Duncan, W.G. (1975) Maize <u>In</u> Crop physiology Evans, L. T. (ed) Cambridge Univ. Press, London. pp23-50.

Earley, E.B., R.D.S.WcIlrath and R.H. Hageman (1967) Effects of shade applied at different stage in corn (<u>Zea</u> <u>mays</u> L.) production. Crop Sci. 7:151-156.

Earley, E.B., and F.W. Slife. (1969) Effect of ethrel on growth and yield of corn. Agron. J. 61:821-823.

Eeuwens, C.J. and W.W. Schwabe. (1975) Seed and pod wall development in <u>Pisum</u> <u>sativum</u> L. in relation to extracted and applied hormones. J. Exp. Botany 26:1-14.

Evans, L.T. and I.F. Wardlaw (1976) Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Advan. Agron. 28:301-359.

Evans, L.T., J. Bingham and M.A.Roskam (1972) The pattern of grain set within ears of wheat. Aust. J. Bio. Sci. 25:1-8.

Frey, N.M. (1981) Dry matter accumulation in kernels of

maize. Crop Sci. 21:118-122.

Gale, M.D. (1978) Genetic variation for hormonal activity and yield. In J.H.J. Spiertz and Th. Kramer (eds.), Crop Physiology and Cereal Breeding. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, pp.29-34.

Goldbach, H. and G. Michael (1976) Abscisic acid content of barley grain during ripening as affected by temperature and variety. Crop Sci. 16:797-799.

Goldsworthy, P.R., A.F.E. Palmer and D.W. Sperling (1974) Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. J. Agric. Sci. Camb. 83:223-230.

Guin, G., D.L. Brummett, and R.C. Beier. (1986) Purification and measurement of abscisic acid and indoleacetic acid by high performance liquid chromatography. Plant Physiol. 82:997-1002.

Haggen-Smit, A.J., W.B. Dandliker, H. Wittwer, and A.E. Murneek. (1946) Isolation of 3-indoleacetic acid from immature corn kernel. Amer.J.Bot. 33:118-120.

Hamilton, R.H., R.S. Bandurski, and B.H. Grigsby. (1961) Isolation of indole-3-acetic acid from corn kernels and etiolated corn seedlings. Plant Physiol. 36:354-359.

Hanway, J.J. (1962) Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between weight and grain yield. Agron. J. 54:145-148.

Harold, V.E. (1984) Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agron. J. 76:421-428.

Hein, M.B., M.L. Brenner and W.A. Brun (1984) Concentration of abscisic acid and indole-3-acetic acid in soybean seeds during development. Plant Physiol. 76:951-954.

Hein, M.B., M.L. Brenner and W.A. Brun (1984) Effects of pod removal on the transport and accumulation of abscisic acid and indole-3-acetic acid in soybean leaves. Plant Physiol. 76:955-958.

Hsu, S.M., L. Raine and Faner. (1981) A comparative study of the peroxidase-anti peroxidase method and an avidin-biotin complex method for studying polypeptide hormones with radioimmunoassay antibodies. Am. J. Clin. Pathol. 75:734-738.

Huber, D.M., H.L. Warrent, D.W. Nelson and C.Y. Tsai (1978) Nitrification inhibitors- New tools for food production. Down to Earth 34:12-18.

Hunter, R.B. (1980) Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20:571-573.

Jackson, M.B., M.C. Drew, and S.C. Giffard. (1981) Effects of applying ethylene to the root system of Zea mays on growth and nutrient concentration in relation to flooding tolerance. Physiol. Plant. 53:23-28.

Jaynes, T.A. and O.E. Nelson. (1971) Invertase activity in normal and mutant maize endosperms during development. Plant Physiol. 47:623-628.

Jonathan, M.H. and R.J. Jones. (1986) Kernel aboration in maize. I. Carbohydrate concentration patterns and acid invertase activity of maize kernel induced to abort in vitro. Plant Physiol. 81:503-510.

Jones, R.J., B.G. Gengenbach and V.B. Cardwell (1981) Temperature effects on in vitro kernel development of maize. Crop Sci. 21:761-766.

Jones, R.J., J. Roessler and S. Ouattar (1985) Thermal environment during endosperm cell division in maize: Effect on number of endosperm cells and starch granules. Crop Sci. 25:830-834.

Jones, R.J. and M.L. Brenner. (1978) Distribution of abscisic acid in maize kernel during grain filling. Plant Physiol. 83:905-909.

Kamprath,E.J.,R.H.Moll and N.Rodriguez (1982) Effects of nitrogen fertilizer and recurrent selection on performance of hybrid population of corn. Agron. J. 74:955-958.

Karmoker, J.L., R.F.M.van Steveninck (1978) The effect of abscisic acid on sugar levels in seedling of <u>Phaseolus vuglaris</u> L. cv Red land pioneer. Planta 146:25-30.

King,R.W. (1976) Abscisic acid in developing wheat grain and its relationship to grain growth and maturation. Planta 132:43-51.

Langan, T.D., and E.S. Oplinger. (1987) Growth and yield of ethephon treated maize. Agron.J. 79:130-140.

Letham,D.S. (1966) Purification and probable identity of a new cytokinin in sweet corn extracts. Life Sci. 5:551-554.

Levitt, J. (1980) Responses of plants to environmental stress. Vol:1, Chilling, freezing, and high temperature stress (2nd Ed.), Academic press, New York.

Lindoo, S.J. and L.D. Nooden. (1978) Correlation of cytoki nins and abscisic acid with monocarpic senesence in soybeans. Plant Cell Physiol. 19:997-1006.

Lyons, J.M. (1973) Chilling injure in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:455-466.

McWha, J.A. (1975) Changes in abscisic acid levels in developing grain of wheat (_Triticum aestivum_ L.) J.Exp. Bot. 26:823-827.

Meidema, N.M. (1983) The effect of low temperature on Zea mays. Adverance in Agronomy 35:93-124.

Michael, G. and H.Seiler-Kelbitsch (1972) Cytokinin content and kernel size of barley grain as affected by enviromental and genetic factors. Crop Sci. 12:162-165.

Milborrow, B.V. (1974) The chemistry and physiology of abscisic acid. Ann. Rev. Plant Physiol. 25:259-307.

Milborrow, B.V. and D.R. Robinson. (1973) Factors affecting the biosynthesis of abscisic acid. J. Exp. Bot. 24:537-548.

Miller, C.O. (1967) Cytokinins in _Zea mays_. Ann. NY Acad Sci. 144:251-257.

Mounla, M.A.K. (1978) Gibberellin-like substances in parts of the developing barley grain. Physiol. Plant 44:268-272.

Mounla, M.A.K. and G. Michael. (1973) Gibberellin-like substances in devloping barley grain and their relation to dry weight increase. Physiol. Plant. 29:274-276.

Norman, S.M., V.P. Maier, and L.C. Echols. (1982) Reversed-phase cleanup and high performance liquid chromatographic analysis of abscisic acid in _Cerospora rosicola_ liquid culture media. J. Liquid Chromato. 5:81-91.

Ou-Lee, T.M. and T.L. Setter. (1985) Enzyme activites of starch and sucrose pathways and growth of apical and basal maize kernels. Plant Physiol. 77:848-851.

Ozbun, M.L., J.S. Hawker, E. Greenberg, C. Lammel, J. Preiss, and E.Y.C. Lee. (1973) Starch synthetase, phosphorylase, ADP-glucose pyrophosphorylase and UDP-glucose pyrophosphorylase in developing maize kernels. Plant Physiol. 51:1-5.

Patrick, J.W. and P.F. Wareing. (1976) Auxin-promoted transport of metabolites in stems of _Phaseolus vulgaris_ L. J. Exp. Bot. 27:969-982.

Porter,H.K.,N.Pa and R.V.Martin (1950) Physiological studies in plant nutrition. XV. Assimilation of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in grain. Ann. Bot. 14:55-68.

Prevost, I. and M.Th.LE. Page-Degivry (1985) Inverse correlation between ABA content and germinability throughout the maturation and the in vitro culture at the embryo of Phaselous vulgaris. J. Exp. Bot. 36:1457-1464.

Prine, G.M. (1971) A critical period for ear development in maize. Crop Sci. 11:779-786.

Quebedeeaux, B., P.B. Sweetser ands J.C.Powell (1976) Abscisic acid levels in soybean reproductive structures during development. Plant Physiol. 58:363-366.

Radley,M. (1976) The development of wheat grain in relation to endogenous growth substance. J. Exp. Bot, 27:1009.

Radley,M. (1979) the role of gibberellin, abscisic acid and auxin in the regulation of developing wheat grains. J. Exp. Bot. 30:381.

Ries, S.K., and R. Houtz. (1983) Triacontanol as a plant growth regulator. HortSci. 18(15):654-662.

Ryle, G.J.A. and J.D.Hesketh, (1969) Carbon dioxide uptake in nitrogen-deficient plant. Crop Sci. 9:451-454.

Sachs, R.M., and W.P. Hackett. (1972) Chemical inhibition of plant height. HortSci. 7(5):440-447.

Schrader,L.E.,D.Domska,P.E.Jung,Jr., and L.A.Peterson (1972) Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn. Agron. J. 64:690-695.

Schussler, J.R., M.L. Brenner and W.A. Brun. (1984) Abscisic acid and its relationship to seed filling in soybeans. Plant Physiol. 76:301-306.

Shaw, S.H. and H.C.S. Thon (1951) On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J. 541-546.

Sjut, V. and M.V. Palmer. (1983) Reversed-phase high-performance liquid chromatography of plant hormones: Some useful difference in stationary phase selectivity. J. Chromato. 270:309-312.

Skoog, F. and C.O. Miller (1957) Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue culture in vitro. Symp. Soc Exp. Biol. 11: 118-131.

Smith, D. (1969) Removing and analysis total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41:1-11.

Sorrels, M.E., R.E. Harris and J.H. Lonuquist (1978) Response of polific maize to growth-regulating chemicals. Crop Sci. 18:783-785.

Stahyl, E.A. and D.A. Buchanan. (1982) High-performance liquid chromatographic procedure for separation and quantification of zeatin and zeatin riboside from pears, peaches and apples. Chromat. 334:453-459.

Su, J.C. and J. Preiss. (1978) Purification and properties of sucrose synthase from maize kernels. Plant Physiol. 61:389-393.

Swank,J.C., F.E. Below, R.J. Lambert and R.H. Hagemen (1982) Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70:1185-1190.

Tanaka, A. and J. Yamaguchi (1972) Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. J. Facal. Agri. Hokkaido Univ. Sapporo. 57:72-132.

Tietz, A., M. Ludewing,M. Dinghuhu and K.Dorffing (1981) Effect of abscisic acid on the transport of assimilates in barley. Planta 152:557-561.

Tsai,C.Y. (1980) A proposed role of zein and glutelin as N sink in maize. Plant Physiol. 66:330-333.

Tseng, M.J., and P.H. Li. (1984) Mefluidide protection of severly chilled crop plants. Plant Physiol. 75:249-250.

Walburg, G.,M.E. Bauer, C.S.T. Daughtry and T.L. Housley (1982) Effects of nitrogen nutrition on the growth,yield and reflectance characteristics of corn. Agron.J. 74:677-683.

Wardlaw, I.F. (1970) The early stages of grain development in wheat: Response to light and temperature in a single variety. Aust. J. Biol. Sci. 23:765-775.

Wardlaw, E.F. and L. Moncur. (1976) Source, sink and hormonal control of translocation in wheat. Planta 128:93-100.

Wareing,P.F. (1979) Growth regulators and assimilate partition. In Scott,T.K.(ed) Plant regulation and agriculature. Plenum Press PP:309-317.

Warner, H.C., and A.C. Leopold. (1969) Ethylene evolution from 2-choloroethy-phosphonic acid. Plant Physiol. 44:156-158.

Weaver, R. and J.O. Johnson. (1985) Relation of hormones to nutrient mobilization and the intermal environment of Plant: The supply of mineral nutrieats and photosynthate. In R.P Pharis and D.M.Reid (eds), Hormonal Regulation of Development III. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp.1-30.

Weiler, E.W.(1978) Plant hormone immunoassay. Physiol. Plant.

54:230-234.

Weiler, E.W. (1982) An enzyme-immunoassay for cis (+)-abscisic acid. Physiol. Plant 54:510-514.

Weiler, E.W. (1984) Immunoassay of plant growth regulators. Ann. Rev. Plant Physiol. 35:85-95.

Weiler, E.W., P.S. Jourdan and W. Conrad (1981) Levels of indole-3-acetic acid in intact and decapitated coleoptiles as determined by a specific and highly senesitive soil-phase enzyme immunoassay. Planta 153:561-571.

Wheeler, A.W. (1972) Changes in growth-substance content during growth of wheat grain. Ann. Apl. Biol. 72:327-334.

Yamaguchi, J. (1974) Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20(1):287-304.

Yoshida, S.,D.A. Forno, J.H. Cock and K.H. Gomez (1972) Laboratory manual for physiological studies of rice. 2nd. ed. IRRI, Manila,Philippines, pp:38-41.

附錄1：民國72年至75年全省玉蜀黍單位面積平均產量

Appendix 1 : Grain yield of corn (kg/ha) in Taiwan from 1983 to 1986.

縣市別 Country/ City	1983	1984	1985	1986	平 均 Avarage
臺北縣 Taipei	2317	1600	2029	3000	2237
宜蘭縣 Ilan	2232	3054	3248	3486	3005
桃園縣 Taoyuan	2280	2535	3085	2309	2552
新竹縣 Hsinchu	2010	2324	4912	2190	2859
苗栗縣 Miaoli	2870	2916	3817	3197	3200
臺中縣 Taichung	2595	2780	4488	3975	3460
彰化縣 Changhua	2462	2591	3367	3305	2931
南投縣 Nantou	2738	2098	3882	3963	3170
雲林縣 Yunlin	3419	3460	3832	4324	3759
嘉義縣 Chiayi	3184	3531	4321	4679	3929
臺南縣 Tainan	3792	3561	4646	4743	4186
高雄縣 Kaohsiung	2023	2325	2233	2654	2309
屏東縣 Pingtung	2099	2374	3219	4542	3059
臺東縣 Yaitung	3092	3177	2867	2770	2977
花蓮縣 Hualien	2623	2697	2942	2497	2690
澎湖縣 Penghu	1047	876	900	1200	1006
基隆市 Keelung City	1346	----	----	----	1346
新竹市 Hsinchu City	2508	3519	3600	3550	3294
臺中市 Taichung City	3632	4000	----	----	3816
嘉義市 Chiayi City	3053	3532	3715	3536	3462
臺南市 Tainan City	3223	3491	3245	5316	3801
全 省 Average	3031	3168	3708	3727	3409

附錄2：玉米生長時期之劃分：

時期 0	：出土（播種後 4-5 天）鞘葉已伸出土表．
時期 1	：可看見第 4 葉葉環時
時期 2	：可看見第 8 片葉片葉環時
時期 3	：可看見第 12 片葉片葉環時
時期 4	：可看見第 16 片葉片葉環時
時期 5	：50% 吐絲期
時期 6	：穗部子粒為乳熟期
時期 7	：穗部子粒為硬漿期
時期 8	：馬齒狀早期
時期 9	：馬齒狀中期
時期 10	：生理成熟期（黑層形成期）

註：依據 Hanway (1963).

附錄3：玉米穗發育時期之劃分． (Shaw 和 Thom,1951)

Appendix 3 : Classification of kernel developmental stage.
Shaw and Thom (1951).

Stage	Remarks
1	Kernels very milky when punctured with thumbnail.
2	Kernels showed small amount of milk when punctured with thumbnail.
3	No milk, but doughy when punctured.
4	No milk, hard to puncture with thumbnail. No dent.
5	Less then 25% of kernels dented.
6	Between 25% and 75% kernels dented.
7	Greater then 75% of kernels dented.

環境與栽培管理對玉蜀黍生理及產量之影響

作　者：范　明　仁
發行人：杜　金　池
發行所：台灣省農業試驗所
台中縣霧峰鄉中正路189號
電話：(04)3302301
中華民國 80 年 4 月 出 版

ISBN：957-00-0089-9

ISBN 957-00-0089-9